

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo final previo a la obtención del título de:  
INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE  
ARCILLA CON CAPACIDAD DE 200 KILOGRAMOS/HORA QUE SE  
UTILIZARÁ EN LA FABRICACIÓN DE ARTESANÍAS, EN LA PARROQUIA  
DE LA VICTORIA-PROVINCIA DE COTOPAXI.**

**AUTORES:  
LISBETH CRISTINA IÑACASHA TROYA  
GABRIEL ALEJANDRO ROJAS LEON**

**TUTOR:  
HOMERO ANTONIO YANCHAPAXI ALMACHI**

**Quito, septiembre del 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros, Iñacasha Troya Lisbeth Cristina, con documento de identificación N°1722463583, y Rojas Leon Gabriel Alejandro, con documento de identificación N°0915368856, respectivamente manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación con el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE ARCILLA CON CAPACIDAD DE 200 KILOGRAMOS/HORA QUE SE UTILIZARÁ EN LA FABRICACIÓN DE ARTESANÍAS, EN LA PARROQUIA DE LA VICTORIA- PROVINCIA DE COTOPAXI”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera e Ingeniero Mecánicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



LISBETH CRISTINA  
IÑACASHA TROYA  
C.I.: 1722463583



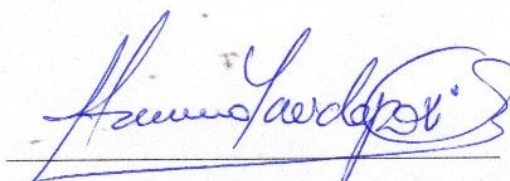
GABRIEL ALEJANDRO  
ROJAS LEON  
C.I.: 0915368856

Quito, septiembre del 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, Homero Antonio Yanchapaxi Almachi, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE ARCILLA CON CAPACIDAD DE 200 KILOGRAMOS/HORA QUE SE UTILIZARÁ EN LA FABRICACIÓN DE ARTESANÍAS, EN LA PARROQUIA LA VICTORIA-PROVINCIA DE COTOPAXI”, realizado por Iñacasha Troya Lisbeth Cristina y Rojas Leon Gabriel Alejandro, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2019.



Homero Antonio Yanchapaxi Almachi

C.I 1704227535

## **DEDICATORIA**

Antes de agradecer a las personas que hicieron posible este sueño, quiero agradecer a Dios por darme sabiduría, mansedumbre y paciencia en todos los momentos de mi vida. También a Santiago y Samy por ser un pilar fundamental para no rendirme y seguir con fuerza, por el apoyo y la confianza que han puesto en mí. A mis padres Luis y Leticia por el ejemplo los valores inculcados por no dejarme sola en los momentos difíciles y por enseñarme que la constancia siempre rendirá sus frutos. A mi hermana Marcela por ser un ejemplo de constancia y superación.

**Lisbeth**

A Dios que me ha permitido llegar a este punto de mi vida con salud, energía, y la firme convicción de culminar este reto. A mi esposa e hijas quienes han sabido acompañarme durante esta “travesía” con amor y paciencia. A mi familia, colaboradores y docentes de la UPS quienes de alguna manera me han apoyado y permitido culminar con éxito esta carrera.

No ha sido sencillo el camino, gracias por sus enseñanzas de vida, por su bondad y apoyo; con ustedes lograr esta meta ha sido llevadero. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

**Gabriel**

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iv
Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
Glosario .....	xiii
Introducción .....	xiii
Objetivos .....	xv
Capítulo 1 .....	16
1.    Marco teórico .....	16
1.1    Entorno de la parroquia La Victoria. ....	16
1.2    Planteamiento del problema .....	17
1.3    Propuesta de solución al problema .....	17
1.4    Características de la materia prima del sector .....	18
1.4.1    Arcilla.....	18
1.4.1.1    Constituyentes de la arcilla .....	19
1.4.2    Barro.....	20
1.4.2.1    Propiedades del barro.....	20
1.4.3    Proceso para la elaboración de artesanías de cerámica .....	22
1.4.3.1    Extracción y secado de la materia prima .....	23
1.4.3.2    Triturado y tamizado.....	24
1.4.3.3    El amasado .....	25
1.4.3.4    Cocción .....	25
Capítulo 2 .....	27
2.    Análisis de Alternativas .....	27
2.1    Mezcladoras de barro .....	27
2.2    Mezcladora de Paletas.....	27
2.2.1    Mezcladora de tornillo sin fin horizontal.....	28
2.2.2    Mezcladora de cinta.....	28

2.3	Ventajas y desventajas de mezcladoras .....	29
	Mezcladora de Paletas.....	29
	Ventajas .....	29
2.4	Materiales de mezcladoras .....	30
2.5	Criterios de Evaluación .....	32
2.5.1	Ponderación numérica de criterios.....	32
2.5.2	Aceptación para cada alternativa .....	33
2.6	Conclusión .....	34
Capítulo 3	.....	35
3.	Diseño de la máquina mezcladora de barro. ....	35
3.1	Diseño de la carcasa .....	36
3.1.1	Dimensionamiento de la carcasa .....	36
3.1.2	Análisis del espesor de pared de la carcasa.....	37
3.1.3	Análisis de elementos finitos de la carcasa .....	40
3.2	Diseño de las paletas .....	41
3.2.1	Análisis estático de las paletas.....	44
3.2.2	Análisis de elementos finitos de la paleta mezcladora .....	46
3.3	Diseño del eje de paletas .....	47
3.3.1	Dimensionamiento del eje de paletas.....	50
3.3.2	Factor de seguridad real.....	51
3.4	Cálculo de las principales uniones soldadas .....	52
3.5	Potencia del motor eléctrico .....	55
3.6	Sistema de reducción de velocidad.....	56
3.6.1	Sistema de reducción por poleas.....	56
3.6.1.1	Selección de banda .....	58
3.6.2	Sistema de reducción de la caja .....	58
3.6.3	Sistema de reducción por catarinas.....	59
3.6.3.1	Cálculo de la longitud de la cadena .....	60
3.7	Selección de chumaceras.....	61

3.8 Diseño del bastidor.....	64
Capítulo 4.....	68
4.1 Pruebas de funcionamiento .....	68
4.2 Costos directos .....	69
Costos de materia prima.....	70
Insumos empleados .....	70
Costo de mano de obra.....	71
Costo directo total .....	71
Costos indirectos .....	71
Costo de materiales indirectos y servicios básicos .....	71
Costo de diseño .....	72
Gastos indirectos .....	72
Costo total indirecto .....	72
Costo total de la mezcladora de barro para La Victoria.....	72
Conclusiones .....	74
<b>Recomendaciones</b> .....	75
Bibliografía .....	76
Anexos .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composiciones químicas de algunas arcillas .....	19
Tabla 2. Densidades y porosidad de las principales arcillas del sector .....	21
Tabla 3 Descripción de los criterios de evaluación .....	32
Tabla 4. Ponderación de Criterios.....	32
Tabla 5 Rating de aceptación de alternativas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 6 Matriz cálculo de aceptación de alternativas .....	34
Tabla 7. Pruebas de funcionamiento realizadas .....	68
Tabla 8. Relación de agua y barro para lograr una mezcla exitosa.....	69
Tabla 9. Materiales primarios empleados, elaborado por .....	70
Tabla 10. Insumos utilizados en la construcción de la maquina mezcladora .....	70
Tabla 11. Costo total de la mano de obra.....	71
Tabla 12. Tabla de costos de materiales . .....	71
Tabla 13. Costo total de los valores indirectos de producción. ....	72
Tabla 14. Costo total de la maquina mezcladora de barro. ....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Artesanías realizadas por alfareros de la victoria [3] .....	16
Figura 2. Artesanías acabadas del sector El Tejar en La Victoria. ....	18
Figura 3. Diagrama de las pastas triaxiales con indicación de calidades obtenidas según la cocción. ....	19
Figura 4. Densidad real del mineral arcilloso en sector “La Victoria” .....	21
Figura 5. Figuras de arcilla y agua moldeadas por manos de artesanos, sector El Tejar en la Victoria.....	22
Figura 6 Diagrama de flujo para el proceso para la elaboración de artículos de cerámica [10]. ....	23
Figura 7. Extracción de arcilla en Cotopaxi.....	23
Figura 8. Triturado artesanal en el barrio El Tejar, La victoria. ....	24
Figura 9. Tamizado de la arcilla en el barrio El Tejar, La Victoria. Elaborado por: Lisbeth Iñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi .....	24
Figura 10. Amasado artesanal, también llamado “baile de la arcilla”. Sector El tejar, La Victoria. ....	25
Figura 11 Mezcladora de paletas [13].....	28
Figura 12. Mezcladora tornillo sin fin [13].....	28
Figura 13. Mezcladora de cinta [13] .....	29
Figura 14. Bosquejo de mezcladora.....	30
Figura 15. Bosquejo de la maquina mezcladora .....	35
Figura 16. Dimensionamiento de la carcasa. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.....	36
Figura 17.. Distribución de las fuerzas en la carcasa. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	37
Figura 18 Diagrama estático del tanque de almacenamiento. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	39
Figura 19. Esfuerzos de Von Mises aplicado sobre la carcasa. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	41
Figura 20. Angulo de inclinación para las paletas. ....	42
Figura 21. Diagrama de fuerza aplicada en las paletas. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	42
Figura 22. Diagrama estático en la paleta mezcladora. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	43

Figura 23. Vista frontal del rotor de la mezcladora. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas .....	45
Figura 24. Análisis del esfuerzo Von Mises aplicado sobre la paleta mezcladora. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	46
Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje principal. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	47
Figura 26. Diagramas de momentos flectores y fuerza cortantes en el eje principal. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	50
Figura 27. Paleta soldada al eje principal. Elaborado por. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.....	53
Figura 28. Propiedades flexionantes de la soldadura de filete.....	53
Figura 29. Sistema de reducción de velocidades mezcladora de arcilla. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.....	56
Figura 30. Vista frontal del sistema de transmisión por poleas. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	57
Figura 31 Vista frontal del sistema de transmisión por catalinas. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.....	59
Figura 32. Gráfica de cargas aplicadas en el eje anclado a las chumaceras. ....	62
Figura 33. Vida útil y factor de velocidad para rodamientos de bolas .....	63
Figura 34. Factor de velocidad rodamiento de bolas .....	63
Figura 35. Factor de esfuerzos para cargas estáticas .....	64
Figura 36. Diagrama estático del perfil angular de la estructura. Elaborado por. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas. ....	66
Figura 37. Preparación de la premezcla durante las pruebas en el barrio El Tejar, La Victoria. Elaborado por Lisbeth Iñacasha y Gabriel Rojas.....	69

## **Resumen**

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir una máquina que mezcle de manera homogénea el barro utilizado en artesanías de La parroquia La Victoria, conocida por su alfarería a nivel nacional. Los artesanos del lugar realizan los objetos de cerámica de con sus manos; parte de este trabajo es el proceso de amasado. El material se va mezclando con agua hasta obtener la textura adecuada para el moldeo. Es esta una actividad muy desgastante para el artesano pues la realizan con sus pies y, además toma tiempo obtener la homogeneidad del material. Analizando el proceso de elaboración de artesanías se logra proponer un diseño mecánico que entrega una mezcla homogénea del barro.

Buscando la manera de facilitar el trabajo de los artesanos de La Victoria para el proceso de mezclado se construye una máquina que minimiza el esfuerzo y tiempo invertido en esta actividad, consecuentemente mejora el proceso general para la elaboración de artesanías provenientes del barro. Esta máquina está construida en su mayoría con materiales que provienen del reciclaje, contribuyendo así a la una política de conciencia ambiental, amigable con el medio ambiente.

## **Abstract**

This project aims to design and construct a machine that homogeneously mixes the mud used in the elaboration of handicrafts at La Victoria Parish, known for its pottery around Ecuador. The artisans use their hands, from the very beginning, to elaborate these ceramic objects; part of this process is the mash process. The material is mixed with water slowly until the texture is suitable for molding. This activity is very exhausting for the artisan because they perform it with their bare feet, also it takes time to obtain the homogeneity of the mud. Analyzing the actual process, it is possible to propose a mechanical design that delivers a homogeneous mixture of the mud.

Seeking a way to facilitate the work of the artisans, in La Victoria, for the mixing process, a machine is built that minimizes the effort and time invested in this activity, consequently improving the general process for the elaboration of handicrafts that come from the mud. Also, this machine is built mostly from recycled materials, thus contributing to an environmental consciousness, friendly with the environment.

## **Glosario**

**Arcilla:** materia prima con la que se elaboran trabajos de alfarería la cual está constituida de silicatos y feldespatos.

**Barro:** mezcla homogénea de agua y arcilla para la elaboración de artesanías.

**Ergonomía:** es el mejoramiento de las áreas de trabajo que se adaptan a las capacidades y limitaciones de los trabajadores.

**Carcasa:** tubería cilíndrica en la cual ingresa la mezcla para ser amasada con la ayuda de paletas que amasan la mezcla.

**Recipiente:** semicircunferencia de la carcasa en la cual se depositará la mezcla homogénea o barro a tratar.

**Eje:** es el que genera movimiento rotacional a las paletas para el amasado de barro.

**Tolva:** componente por donde ingresa el agua y la arcilla para ser amasada.

**Paletas:** son las encargadas de amasar el barro debido a la fuerza que aplican al mismo para así lograr homogeneidad.

**Bastidor:** estructura que soporta todos los componentes mecánicos de la mezcladora dando estabilidad a la misma.

## **Introducción**

En este proyecto de titulación, se plantea el diseño y construcción de una máquina para obtener barro de moldeo, con una capacidad de procesamiento de 200 kg/día.

En el Ecuador se explotan arcillas dentro de 75 áreas, y la mayor concentración de áreas se localiza en la región Austral, en las cuencas que se adentran en la zona montañosa de Cuenca, Biblián, San Fernando y Loja, Malacatos, Catamayo entre otras [1]. La situación económica actual del sector alfarero en el Ecuador refleja un desequilibrio ocasionado por escasas exportaciones y una baja producción nacional, según datos del Banco Central. Esto debido a grandes industrias, que, tecnificando el proceso, logran producir grandes cantidades de objetos provenientes de la arcilla, con una calidad aceptable para la comercialización local y extranjera.

La producción de artesanías cerámicas, del presente estudio, se centra en la parroquia rural “La Victoria”, localizada al norte de Latacunga provincia de Cotopaxi. Los moradores se dedican a la producción de cerámica decorativa y roja basados en el conocimiento adquirido durante varios años dedicados a la alfarería. Sin embargo, el conocimiento empírico, no les ha permitido desarrollar productos de la calidad comparado con la que se importa de otros países. A esto se suma la falta de canales de distribución de los productos que imposibilita el crecimiento del mercado. [2]

El 1er capítulo expone la recopilación de información necesaria con la cual se aborda la problemática planteada. Una de las etapas en la elaboración de artesanías de barro es el moldeado el cual es una actividad muy desgastante, depende de la rapidez y de la habilidad del trabajador. Por otra parte, para los productores de artesanías el costo que genera moldear el barro es una preocupación, esto debido a la experiencia que se requiere. Los márgenes de utilidad aumentarían por efecto de la disminución en los costos del moldeado de arcilla.

La implementación de una máquina semiautomática permitiría el fácil moldeado de la arcilla, así como una mayor producción de artesanías por día, y permite una mejora considerablemente en las condiciones de trabajo del artesano, finalmente generara un ambiente más propicio para el desarrollo de esta actividad.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar y construir una máquina mezcladora de arcilla con una capacidad de  $200 \frac{Kg}{h}$  que se utilizara en la fabricación de artesanías, en la parroquia de la Victoria provincia de Cotopaxi.

### **Objetivos específicos**

- Analizar el proceso de fabricación de artesanías elaboradas en el sector de la parroquia La Victoria.
- Evaluar y definir la alternativa más viable para diseñar un equipo que cumpla con las necesidades observadas.
- Diseñar la maquina mezcladora de barro, apoyándose en la información recopilada.
- Evaluar funcionamiento mediante pruebas previo a la entrega de la maquina en la comunidad de La Victoria.

## Capítulo 1

### 1. Marco teórico

#### 1.1 Entorno de la parroquia La Victoria.

Esta localidad está situada en la sierra ecuatorial, particularmente en la provincia de Cotopaxi. Esta parroquia, por su actividad y producción, es la capital alfarera de esta provincia, y se encuentra ubicada a 10 Km. al occidente de Latacunga, a 5 Km. al norte del cantón Pujilí.

La Alfarería tiene su origen en el barrio El Tejar, ubicado en esta parroquia. Allí extranjeros de la Misión Andina, hace décadas, instalaron una fábrica de cerámica donde trabajaron artesanos del lugar; ahí estos aprendieron de manera empírica el proceso para elaborar objetos cerámicos.

Su natural habilidad para cultivar este arte a base de la utilización del barro se refleja en las llamativas obras de alfarería, cuya herencia artesanal constituye el un atractivo para turistas y comerciantes. Sus trabajos, por calidad o precio, gozan de buena fama dentro y fuera del país ( Figura 1 ).



Figura 1. Artesanías realizadas por alfareros de la victoria [3]

Entre los objetos que se puede admirar en el mercado se tiene: cuadros, figuras diversas, esculturas únicas, vasijas, máscaras, pocillos, etc. El material base de los trabajos de alfarería es el barro, extraído de un sitio denominado El Tingo.



## **1.2 Planteamiento del problema**

La práctica de la alfarería representa una incipiente producción que genera ingresos para mantener el hogar del alfarero. Una actividad crítica en la fabricación de artesanías es el mezclado homogéneo de la materia prima, donde interviene mucho el uso de la fuerza corporal del artesano. La elaboración de artesanías es llevada a cabo de manera manual y es una actividad que demanda un gran esfuerzo físico; estas prácticas se realizan en condiciones de trabajo no idóneas ni seguras, también demanda largas jornadas laborales (Figura 10).

Desde el punto de vista de productividad, el artesano que ejecuta todo el proceso a mano no puede ser muy competitivo con respecto a los productores de artesanías que utilizan algún método mecánico, semiautomático o automático, en la elaboración de estas. Además, un proceso poco tecnificado no puede cubrir una demanda alta de producto, si el mercado así lo requiere, pues depende de la capacidad física de la persona para mezclar y moldear la arcilla. Este estudio se enfocará en el mezclado del barro con el fin de agilizar el proceso de manera más eficiente y menos invasiva para el artesano. Se pretende encaminar al obrero hacia una producción tecnificada [4]. Y como consecuencia agregada se mejorarían las condiciones de trabajo de las personas involucradas en dicho proceso.

Se puede resumir puntualmente los principales factores que limitan el incremento de la producción:

- La capacidad productiva limitada de artesanías, debido a que los procesos se realizan de manera manual.
- Este proceso no tecnificado adecuadamente es ergonómicamente complejo de realizar, pues requiere de una fuerza física considerable.

La interrogante sería -por qué existiendo equipo disponible en el mercado, no se opta por la adquisición de una máquina comercial. Y es que el obstáculo que los productores de artesanías enfrentan es el no contar con los recursos económicos suficientes para la adquisición de una máquina comercial. Este fenómeno en general es constante en el sector debido a que como se mencionó esta actividad no es muy reconocida.

## **1.3 Propuesta de solución al problema**

Se busca mejorar de manera técnica el proceso de mezclado de la materia prima. Se brindará un beneficio a la comunidad de La Victoria, facilitando la producción de la

mezcla de barro haciendo uso de un equipo semiautomático que de una forma más eficiente y mejorando la ergonomía de los trabajadores, entregará una mezcla homogénea. El objetivo es diseñar y construir una máquina que produzca la mezcla adecuada que permita el fácil moldeado del barro, mejorando la producción actual.

#### **1.4 Características de la materia prima del sector**

La arcilla es una sustancia mineral presente en la mayor parte de la corteza terrestre. Geológicamente, deriva de la desintegración del granito y otras rocas feldespáticas o de pegmatita que, al descomponerse, depositan partículas de alúmina y sílice. Estos dos últimos minerales, combinados con agua, forman la arcilla pura [5]. Para el alfarero la arcilla es también llamada barro rojo, y es un recurso abundante en el sector. Cuando este se combina con la cantidad adecuada de agua se convierte en una pasta moldeable. Tras el proceso de cocción esta mezcla de material presenta un color claro, rojizo o marrón.



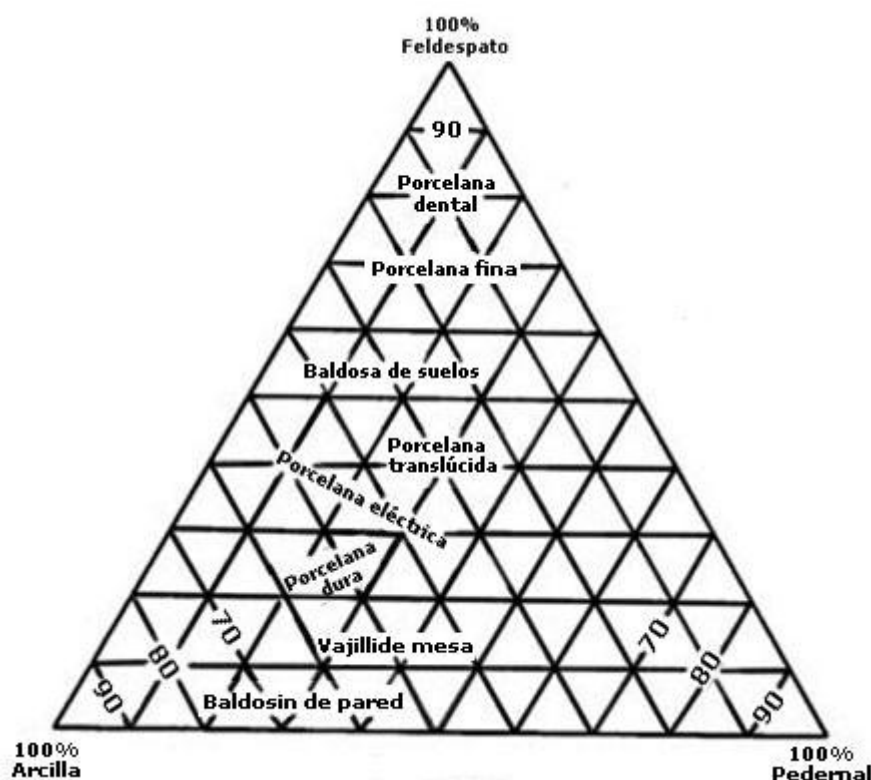
Figura 2. Artesanías acabadas del sector El Tejar en La Victoria. Elaborado por: Lisbeth Iñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi

##### **1.4.1 Arcilla**

Se utiliza en la alfarería, está compuesta por minerales arcillosos, mineral silicato de aluminio, arenas y sales minerales; utilizadas tal y como se extraen de las minas. La arcilla extraída generalmente se acopia en plateas o bodegas próximas a los equipos que la procesarán.

### 1.4.1.1 Constituyentes de la arcilla

La arcilla está compuesta de minerales arcillosos, feldespatos, arenas, caolines y carbonatos. Extraídos de la mina, los minerales, si presentan altos porcentajes de pureza se utilizan tal y como provienen. Según se requiera la selección de materia prima puede variar (figura 3), es así como para ladrillos, tejas y artesanías la materia prima debe poseer alto contenido de arcilla, entre 70 y 80 por ciento, sílice entre el 20 y 30 por ciento y un bajo porcentaje de feldespatos.



**Figura 3.** Diagrama de las pastas triaxiales con indicación de calidades obtenidas según la cocción.

### Caolinita

La arcilla blanca formada por un tipo de silicato de capas superpuestas se denomina en el sector industrial como caolinita. Este mineral atribuye, comportamiento mecánico, la capacidad de deformar permanente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a tensiones por encima de su rango elástico, es decir, por encima de su límite elástico.

Fuente: Krieg, R.D. and Key, S.W., Implementation of a time dependent plasticity theory into structural computer programs. In: Stricklin, J.A., Saczalski, K.J. (Eds.), Constitutive Equations in Viscoplasticity: Computational and Engineering Aspects, AMD-20, ASEM, New York. pp. 125-137

**Tabla 1.** Composiciones químicas de algunas arcillas [6]

Porcentaje en peso de los óxidos principales

Tipo de arcilla	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Perdida por ignición
Caolín	37,4	45,5	1,68	1,30	0,004	0,03	0,011	0,005	13,9	
Arcilla plástica de Ten.	30,9	54,0	0,74	1,50	1,50	0,20	0,45	0,72	...	11,4
Arcilla plástica de Ky.	32,0	51,7	0,90	1,52	1,52	0,19	0,38	0,89	...	12,3

## Feldespatos

Conforman el 60 por ciento de la corteza, son materiales duros, en la escala Mohs (mineral duro) la dureza es de 6 [7]. Su composición química es  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  y funge como material fundente, aporta al acabado superficial rellenando poros, esta se funde a menor temperatura y se transforma en vidrio cuando se aplican altas temperaturas.

## Silicato de aluminio

Su fórmula química es  $Al_2(SiO_3)_3$  y es el mineral más común en la corteza terrestre, es empleado para reducir la plasticidad de la pasta cerámica, mejorar la evaporación de humedad e incrementar la porosidad. Su tamaño, del grano, varía desde 1 hasta 50 micras.

### 1.4.2 Barro

Es denominada así a la mezcla homogénea de arcilla y agua en los porcentajes adecuados para que pueda ser utilizado en la alfarería.

#### 1.4.2.1 Propiedades del barro

Las propiedades de interés y más comunes del barro son la capacidad de absorción, la plasticidad y la cesión de agua. Resulta importante también considerar los límites de agua en la mezcla, particularmente límites de plasticidad o límites de consistencia, pues de esto depende la calidad del producto obtenido, así como la prevención de grietas o la obtención de una mezcla arcillosa plástica y pegajosa. [8]

## La plasticidad

Se la puede definir por el grado de aplastamiento que tiene lugar una probeta cilíndrica con dimensiones y dosis de agua determinados, luego de ser sometida a un ensayo en el cual mediante golpe de un pistón cuyo cabezal golpea a una determinada altura, se miden las dimensiones finales tanto como el contenido de humedad obteniendo una

curva que muestre la relación de la deformación con la humedad y así determinar el contenido de humedad necesario para la formación de cuerpos cerámicos.

### Porosidad

La capacidad de absorción y cesión de agua están ligadas a la superficie específica y a la porosidad. Entendiendo como superficie específica a la suma entre el área de la superficie externa más el área de la superficie interna por unidad de masa, es expresada en  $m^2/g$ . La porosidad es una medida de la capacidad de almacenar fluidos, se determina en función de la densidad real y aparente.

Tabla 2. Densidades y porosidad de las principales arcillas del sector [9]

Densidad real, densidad aparente, porosidad de materias primas

Muestra	Densidad Real (g/mL)	Densidad Aparente(g/mL)	Porosidad %
Arcilla “La Victoria”	2,16	0,89	63,07
Arcilla Roja Sigchos	2,48	0,78	67,12
Caolín Puyo	2,22	1,16	53,23
Arcilla Gris Puyo	2,63	1,24	52,85

Densidad Real (Dr) Mineral arcilloso “La Victoria”					
Nº de Prueba	W <sub>a</sub> (g)	W <sub>s</sub> (g)	W <sub>sw</sub> (g)	W <sub>w</sub> (g)	Dr (g.mL <sup>-1</sup> )
1	23,25	24,21	48,80	48,29	2,13
2	23,25	24,36	48,89	48,29	2,18
3	23,25	24,01	48,70	48,29	2,17
Resultado: Media ( $\bar{X}$ ) ± Desviación estándar $\sigma$					2,16 ± 0,02

W<sub>a</sub> = Masa del picnómetro vacío (g)

W<sub>s</sub> = Masa del picnómetro con la muestra (g)

W<sub>sw</sub> = Masa del picnómetro con muestra y agua (g)

W<sub>w</sub> = Masa del picnómetro con agua (g)

Figura 4. Densidad real del mineral arcilloso en sector “La Victoria”

### Capacidad abrasiva

Se define como la capacidad que posee un material para desgastar por medio de la fricción, y se clasifica en función de la dureza en la escala del mineralogista alemán Friederich Mohs. Entre los elementos más abrasivos existen el óxido de aluminio, la arena, el carburo de silicio, el nitrato de boro cúbico, y el diamante. Es importante considerar que esta capacidad posee como elemento primordial el tamaño del grano. Un estudio de granulometría nos aporta con el tamaño del grano que posee la materia prima en el sector. El mineral arcilloso de La Victoria 649 micrómetros, mientras que el coeficiente uniformidad del tamaño de las partículas es 6,30 lo cual nos indican que es un grano poco uniforme. [9]

Podemos concluir que todos estos constituyentes y sus propiedades son datos esenciales al momento de la elaboración de productos cerámicos en la zona, pues de ello depende la calidad que requiera el artesano. Según Ruilova la materia prima en La Victoria posee una densidad de 2,16 g/mL y una porosidad del 63,07%, pues estos artesanos suelen trabajar con una composición de 25% de arcilla roja de Sigchos y 75% mineral arcilloso propio de La Victoria, y así obtener cerámica roja [9]. Otros datos importantes para el proyecto es el tamaño del grano el cual es 649 $\mu$ m , y los elementos abrasivos que posee los cuales son: 59% de Silicio, 16% de Aluminio.

Al realizar la práctica de laboratorio se pudo determinar que el tamaño de grano es de 640  $\mu$ m, tenemos un índice de humedad de 12,16% y un índice de plasticidad de 24.05% también se pudo determinar que la arcilla tiene alto contenido orgánico.

Esta pasta, tras cocerse a temperatura entre los 900 grados Celsius y los 1050 grados Celsius, llega a tomar un color rojizo, castaño o marrón. Es conocida comúnmente como barro rojo, debido a sus componentes posee maleabilidad adecuada para uso en la alfarería, esta la que se conoce como arcilla para la alfarería. Con esta materia prima se pueden elaborar figuras de acabado liso y que no requieren de esmalte, pues resultan ser atractivas. (Figura 5.)



Figura 5. Figuras de arcilla y agua moldeadas por manos de artesanos, sector El Tejar en la Victoria.

Elaborado por: Lisbeth Iñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi

#### **1.4.3 Proceso para la elaboración de artesanías de cerámica**

Este material es colocado en agua y con una técnica de suavizamiento se vuelve una masa compacta. Si bien en otros tiempos, el barro se convertía especialmente en figuras delineadas, procesadas y terminadas a mano, una por una, en la actualidad se

utiliza moldes para facilitar la producción masiva de figuras y otros productos acabados [4].

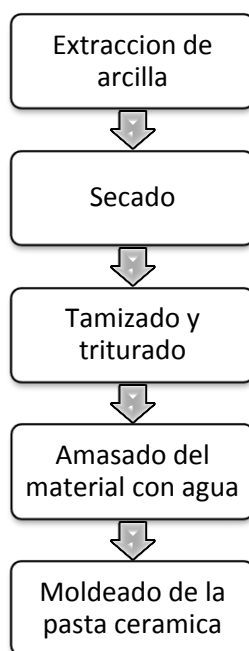


Figura 6 Diagrama de flujo para el proceso para la elaboración de artículos de cerámica [10].

#### 1.4.3.1 Extracción y secado de la materia prima

El trabajo de los artesanos parte desde la extracción del material por medio de técnicas sencillas de minería, con la ayuda de palas y picos desprenden el material de la superficie terrestre para luego ser trasladar en sacos de lona por medio de animales de carga. Los artesanos de La Victoria obtienen el material del sector El Tingo, ubicado en el mismo cantón.



**Figura 7.** Extracción de arcilla en Cotopaxi.



#### **1.4.3.2 Triturado y tamizado**

El material arcilloso llega al artesano en forma de piedras o también llamado terrones, razón por la cual es necesario emplear métodos de triturado y tamizado para efectos de reducción del tamaño del grano. Este trabajo implica la aplicación de fuerza mediante herramientas precarias que se utilizan para golpear el material hasta obtener un tamaño más uniforme y hábil para el tamizado. Las materias primas arcillosas en su mayoría se extraen junto a materiales rocosos como son los feldespatos, y es por estos que el dimensionamiento del equipo se basa en la dureza de ellos. (Figura 7 y figura 8)



Figura 8. Triturado artesanal en el barrio El Tejar, La victoria. Elaborado por: Lisbeth Iñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi



Figura 9. Tamizado de la arcilla en el barrio El Tejar, La Victoria. Elaborado por: Lisbeth Iñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi



#### 1.4.3.3 El amasado

La arcilla recolectada, es mezclada con otros materiales y se le añade agua para lograr una humedad ideal previo a su mezclado homogéneo, a razón de 5 gal. de agua por cada carretilla. El amasado de la pasta cerámica se enfoca alcanzar uniformidad, y de esta manera evitar la formación de bolsas de aire que al estallar ocasionan problemas en la cocción adecuada. El artesano no tecnificado utiliza sus pies para mezclar y amasar el material, esto es comúnmente llamado el “baile de la arcilla”, con esto se pretende lograr una pasta cerámica. Para obtener unos resultados favorables durante la cocción es necesario que el barro se encuentre homogéneo. Este se realiza por medios mecánicos, tales como la rotación de tambor, agitación en un mezclador de tornillo, mezcladora de paletas, o mediante métodos artesanales a mano pues haciendo uso de las extremidades. Más adelante se detallan los equipos que presenta el mercado actual para este tipo de actividad.



Figura 10. Amasado artesanal, también llamado “baile de la arcilla”. Sector El tejar, La Victoria.

Elaborado por: Lisbeth Ñacasha, Gabriel Rojas e Ing. Homero Yanchapaxi

#### 1.4.3.4 Cocción

Durante el secado y la cocción, el incremento progresivo de la temperatura que experimenta la masa moldeada de arcilla produce sobre ella distintas consecuencias fisicoquímicas, según la siguiente secuencia.

- 1- Hasta los 100° o 150°C se produce la desecación, con pérdida total del agua, contenida en la porosidad capilar y que es adsorbida por tensión superficial en la superficie de las partículas arcillosas.

- 2- Hasta los 300 o 400°C se desprende el agua, que algunos minerales poseen. A su vez, se van quemando las sustancias orgánicas que impurifican la pasta arcillosa.
- 3- A temperaturas que van de 450 a 600°C se forma la meta caolinita anhidra, por deshidratación de la caolinita. Al perder el agua de combinación, comienza el proceso irreversible de transformación de la pasta arcillosa en cerámica pétrea.
- 4- Entre 700 y 800°C tiene lugar la descomposición de la meta caolinita anhidra. Al seguir aumentando la temperatura, por encima de los 900°C, el dióxido amorfo de silicio y el óxido de aluminio se unen nuevamente para formar un mineral artificial llamado “mullita”, que es capaz de proporcionar al producto cerámico las necesarias resistencias al agua, mecánicas y térmicas. A la vez que se forma la mullita se funden los componentes de fácil fusión de la arcilla, cementando y reforzando el material.
- 5- La cocción de productos cerámicos porosos o de alfarería termina usualmente a temperaturas de 950 a 1000°C. Hasta aquí se producen la mayoría de los cambios constitutivos: contracción volumétrica; reducción de la porosidad; variación de color; aumento de la densidad, la dureza, la cohesión, la sonoridad, la fragilidad, resistencia a la compresión y al fuego. [10]

## Capítulo 2

### 2. Análisis de Alternativas

Para el análisis de alternativas utilizaremos el método de selección Scoring el cual se basa en la elaboración de una matriz la cual incluirá las alternativas, los criterios de evaluación, los requerimientos y los parámetros que se van a evaluar para buscar la mejor alternativa de diseño.

#### 2.1 Mezcladoras de barro

Durante el proceso de mezclado las propiedades físicas de los ingredientes que influyen en el funcionamiento de la mezcladora son: tamaño de la partícula, forma de la partícula, peso específico o densidad, si todas las propiedades físicas son relativamente iguales, la mezcla es relativamente simple. Los factores que pueden afectar la calidad homogeneidad de la mezcla son: llenado excesivo de la mezcladora, tiempo de mezclado, la velocidad o RPM a las que gira la mezcladora, secuencia de adición de los ingredientes, desgaste de las paletas mezcladoras o compuertas mal cerradas que hacen que escapen los ingredientes [11].

Existen, en la actualidad, equipos para el mezclado, a continuación, se mencionan algunos: mezcladora de dos árboles con paletas, mezcladora análoga, mezcladora giratoria de cajón, amasadora de arcilla de árbol único, amasadora de doble árbol con pared frontal de orificios [12].

La máquina mezcladora de arcillas sustituye el ‘baile’ que realiza el artesano. Con su uso, se obtiene una mezcla homogénea que facilita el moldeado del ladrillo y mejora la calidad del producto. A continuación, se detalla de manera breve los tipos de mezcladoras más destacados.

#### 2.2 Mezcladora de Paletas

Consiste en un recipiente cilíndrico horizontal donde el material se mezcla por acción de palas o paletas unidas a un eje rotatorio central (Figura 9). El flujo de los polvos se produce en tres dimensiones ocurriendo un movimiento radial y axial simultáneo [13].



Figura 11. Mezcladora de paletas [13]

### 2.2.1 Mezcladora de tornillo sin fin horizontal

Son máquinas de transporte continuo con el órgano de tracción rígido que se emplean para la manipulación de residuos orgánicos en los tratamientos de aguas, transporte de sólidos en infinidad de industrias, teniendo aplicaciones de toda índole. Aptas para la extracción, la dosificación y el transporte de hormigón, barro, materiales inertes de varios tipos [13].



Figura 12. Mezcladora tornillo sin fin [13]

### 2.2.2 Mezcladora de cinta

Consiste en un tambor horizontal con un eje axial e soporte y un agitador de cintas que puede tenerla forma de espiral, paletas o de tornillo helicoidal. El mezclador opera mediante dos cintas que actúan en sentidos contrarios permitiendo el movimiento del material a lo largo del tambor, evitando la acumulación de partículas en los extremos del mezclador y la formación de zonas muertas sin agitación. Adicionalmente se presenta un movimiento radial que permite que asciendan las partículas a través de las paredes [13].



Figura 13. Mezcladora de cinta [13]

## **2.3 Ventajas y desventajas de mezcladoras**

### **Mezcladora de Paletas**

#### **Ventajas**

- Puede mezclar polvos semisólidos y líquidos eficientemente.
- Rompimiento de grumos

#### **Desventajas**

- Son lentas
- Alto consumo de energía eléctrica.
- Generan calor dentro de la mezcla

### **Mezcladora de tornillo sin fin vertical**

#### **Ventajas**

- Mezclado mediante difusión (rotación del tornillo sin fin).
- Mezclado mediante convección (movimiento planetario del tornillo sin fin).
- Mezclado mediante cizallamiento.
- Consumo bajo de energía.
- Rompimiento de los aglomerados.
- Útiles cuando se debe incorporar una pequeña cantidad de un producto a una masa grande de material.

#### **Desventajas**

- Pueden producir algo de abrasión por la caída libre a la que se somete los gránulos y por el choque de estos contra las paredes del equipo.

- Dificultad para la limpieza.

### **Mezcladora de cinta**

#### **Ventajas**

- Tiene movimiento radial y axial.
- Mezclado mediante cizallamiento.
- Mezcladora de velocidad baja.
- Moderado consumo de energía.
- Buen barrido del material.
- Rompimiento de partículas debido al roce de las cintas y de la carcasa.

#### **Desventajas**

- Difícil limpieza.
- Se genera abrasión.
- No apto para ciclos largos de mezclado.
- Posee una velocidad baja de mezclado.
- Soporta pequeñas cargas.
- Requieren alta energía para su funcionamiento.

### **2.4 Materiales de mezcladoras**

Para construir una mezcladora de pastas arcillosas, se requiere primordialmente de un motor eléctrico que provea el par de fuerza necesaria para poner en movimiento todo el mecanismo mezclador; por las condiciones y entorno de trabajo además de los esfuerzos a los cuales será sometido. La mezcladora se compone principalmente por: una carcasa, un eje principal, las paletas y un bastidor. [14]



Figura 14. Bosquejo de mezcladora: Tolva de alimentación (1), Paletas (2), Sistema de transmisión (3), Motor (4), Bastidor (5 y 7), Boca de salida de la mezcla (6), Carcasa (8) .

- **Plancha A 36 (Carcasa).**- también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales (ANEXO 1).
- **Acero Estructural (Bastidor).**- Es la obtención de combinar el hierro que constituye cerca del 95% del contenido total, carbono y pequeñas proporciones de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le contribuyen un conjunto de propiedades determinadas mostradas en la imagen . El acero laminado en caliente, elaborado con fines estructurales, se le nombra acero estructural al carbono [15].
- **Aceros al cromo vanadio (Paletas).**- es una variedad de acero de alta flexibilidad que se utiliza en la fabricación de elementos que recuperan su estado después de sufrir una cierta deformación. Sera considerado para la fabricación de las paletas del equipo. Posee una composición de cromo del 1% y de vanadio del 0,2%, templados en aceite en temperaturas entre 850°C y 900°C y revenidos entre 400°C y 450°C es indicado para la fabricación de muelles de muy altas prestaciones y ciclos de trabajo, como los de las válvulas de los motores de explosión. También es utilizado para realizar piezas, engranajes, ejes y cremalleras, que trabajaran muy cargados [16].
- **Acero mangano-silicioso:** con una composición de manganeso del 0,75% y de silicio del 1,75%, templados en aceite en temperaturas entre 850°C y 900°C y revenidos entre 400°C y 500°C se usa para la fabricación de resortes y muelles de grandes dimensiones [16].
- **SAE 1045 (Eje).**- es un acero con capacidad de endurecimiento bajo procesamiento, es decir, la dureza baja penetración en sección transversal, no se recomienda para uso secciones superiores a 60 mm. Este tiene una buena relación entre la fuerza y la resistencia a la fractura. Se utiliza, en general, con una dureza 180-300 HB

## 2.5 Criterios de Evaluación

Tabla 3 Descripción de los criterios de evaluación

Criterios de Evaluación	Descripción
Ensamble o construcción	Hace referencia al número de tareas a desarrollar para su construcción final
Operación	Facilidad, comodidad y confiabilidad para el operario, mientras maniobra el equipo.
Seguridad	Hace referencia a los riesgos generados durante la operación del equipo.
Mantenimiento	Tareas y grados de complejidad para desarrollar el mantenimiento.
Ruido	Referencia al número decibeles emitidos por la maquina durante su operación.
Costo	Costo de los materiales para la construcción final

### 2.5.1 Ponderación numérica de criterios

1=no importante

4=importante

2= algo importante

5=muy importante

3=poco importante

En la tabla 4 se presenta los criterios de ponderación que se consideran ideales para la selección de la alternativa:

Tabla 4. Ponderación de Criterios

Ponderación	Criterios de evaluación
5	Ensamble o construcción
5	Operación
4	Seguridad
4	Mantenimiento
3	Ruido
5	Costo



### 2.5.2 Aceptación para cada alternativa

A= Mezcladora de paletas

B= Mezcladora de tornillo sin fin

C= Mezcladora de cinta

#### Rating de aceptación

1= extra bajo

2= muy bajo

3= bajo

4= poco bajo

5= medio

6= poco alto

7= alto

8= muy alto

9= extra alto

Tabla 5 Rating de aceptación de alternativas

Criterios de Evaluación	Alternativas		
	A	B	C
Ensamble o construcción	8	7	8
Operación	7	6	5
Seguridad	8	7	7
Mantenimiento	9	6	7
Ruido	9	7	7
Costo	7	8	9

En la siguiente tabla se mostrará el cálculo en el cual se relacionan los criterios de ponderación asignada a cada uno de los criterios, que junto al rafting de aceptación de alternativas nos dará un puntaje final; el más alto será el indicado para escoger la mejor opción para la elaboración de la máquina.

Tabla 6 Matriz cálculo de aceptación de alternativas

<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Alternativas</b>		
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Ensamble construcción	5	8	7	6
Operación	5	7	6	5
Seguridad	4	8	7	7
Mantenimiento	4	9	6	7
Ruido	3	9	7	7
Costo	5	7	8	9
<b>Puntajes</b>		<b>205</b>	<b>182</b>	<b>177</b>

La matriz de cálculo muestra que la mejor alternativa que cumple y satisface los parámetros y requerimientos para el beneficiario es la alternativa A.

## 2.6 Conclusión

Para el presente estudio se construirá, en primera instancia, un prototipo con un sistema de paletas que giren dentro de una sección cilíndrica, la cual produzca movimientos de traslación y rotación. Utilizando un sistema de transmisión por cadena-catarina, generado por un motor de 3hp. El anclaje del cilindro será sobre una bancada metálica que soporte la carga necesaria durante el tiempo de trabajo. El prototipo entregara información numérica necesaria para concluir con un diseño funcional y apropiado para el fin propuesto.

### Capítulo 3

El presente capítulo se centrará en verificar que los componentes y materiales recibidos soporten los esfuerzos a los que va a estar sometida la máquina. Al ser un proyecto de vinculación con la comunidad se optó por adquirir la mayoría de los materiales reciclados (carcasa, bastidor, tolva, caja reductora, paletas) los cuales serán acoplados a las necesidades requeridas, así también el beneficiario entrega el motor eléctrico con las siguientes características 3Hp de potencia, 1750 rpm y 110 VAC de alimentación eléctrica.

#### 3. Diseño de la máquina mezcladora de barro.

Para iniciar con el diseño de la máquina mezcladora de barro, es necesario considerar los elementos más importantes y relevantes que componen a la máquina que son:

- Tolva de alimentación (1),
- Sistema mezclador (2),
- Sistema de transmisión (3),
- Motor (4),
- Bastidor (5 y 7),
- Boca de salida de la mezcla (6),
- Carcasa (8)



Figura 15. Bosquejo de la maquina mezcladora

-

### 3.1 Diseño de la carcasa

Es el recipiente donde se mezcla el agua y la arcilla para producir el barro. Es de forma semi cilíndrica en el cual las paletas giran en el interior para obtener una mezcla homogénea.

#### 3.1.1 Dimensionamiento de la carcasa

En el dimensionamiento de la carcasa, es importante conocer los siguientes datos:

- Peso de la arcilla por parada: 90 Kg
- Agua: 18 Kg (0,018 m<sup>3</sup>)
- Densidad de la arcilla en la Victoria: 2160  $\frac{Kg}{m^3}$

De esta manera con la ecuación (1), se puede determinar el volumen requerido por la carcasa, en la figura 16, se muestra la geometría de la carcasa con sus magnitudes.

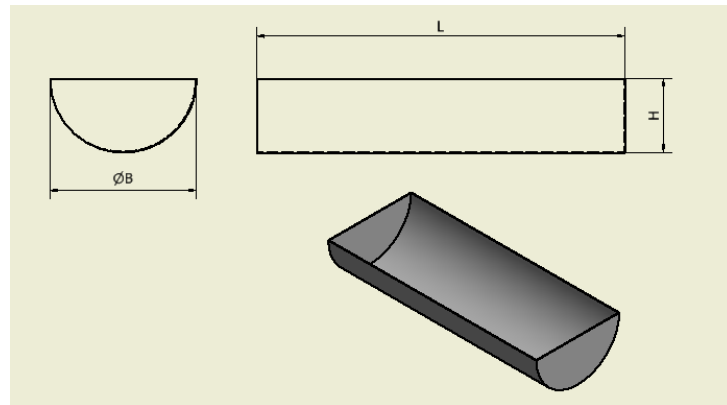


Figura 16. Dimensionamiento de la carcasa.

Para el cálculo del volumen de un semicírculo se usa la ecuación:

$$V = \frac{\pi}{8} \times (\varnothing B)^2 \times (L) \quad (1)$$

Donde:

$L$ : Longitud del tanque de almacenamiento [ $m$ ]

$\varnothing B$ : Diámetro del tambor de almacenamiento [ $m$ ]

$V$ : Volumen [ $m^3$ ]

Usando la ecuación (2) se obtendrá el volumen de la sustancia (barro).

$$V = \frac{m}{\delta} \quad (2)$$

$m$ : Masa de la mezcla para acilla la victoria [108 Kg]

$\delta$ : Densidad de la mezcla [2160  $\frac{Kg}{m^3}$ ]

$$V = \frac{108 \text{ Kg}}{2160 \frac{Kg}{m^3}} = 0,05 \text{ m}^3$$

Para determinar la longitud del tanque de almacenamiento, existe una proporción que va acorde al diámetro del semicilindro.

$$L = 2,5 \times \phi B \quad (3)$$

$$m\delta \quad (2) \text{ y } L=2,5 \times \phi B$$

(3) , en la ecuación (1), se obtiene el valor del diámetro del tanque de almacenamiento.

$$0,05 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{8} \times (\phi B)^2 \times (2,5 \times \phi B)$$

$$\phi B = \sqrt[3]{\frac{8 \times 0,05 \text{ m}^3}{\pi \times 2,5}} = 0,37 \text{ m}$$

$$\phi B = 370 \text{ mm}$$

Remplazando el valor del diámetro en la ecuación (3), se determina la longitud que debe tener el tanque de almacenamiento.

$$L = 2,5 \times 370 \text{ mm} = 925 \text{ mm}$$

Por facilidad del diseño se optó por construir una carcasa de 400 mm de diámetro y 1000 mm de longitud.

### 3.1.2 Análisis del espesor de pared de la carcasa

Se debe considerar que la mezcla almacenada sobre la carcasa, producen unas fuerzas verticales y una horizontal debido a la distribución de la mezcla. En la figura 17, se analiza la distribución de las fuerzas mencionadas.

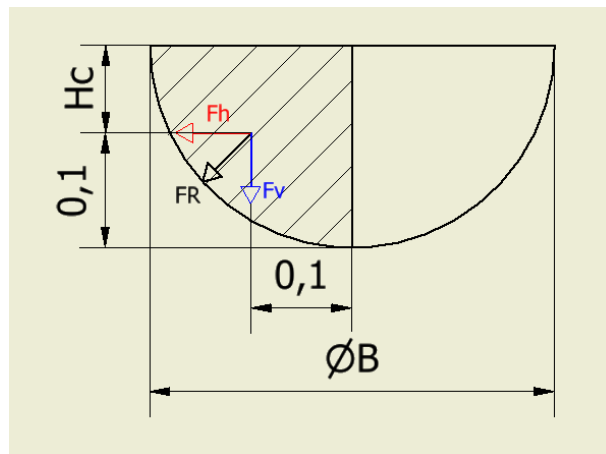


Figura 17.. Distribución de las fuerzas en la carcasa.

La fuerza vertical ( $F_v$ ) se determina con la fórmula mostrada en la ecuación (4).

$$F_v = \gamma \times A \times L \quad (4)$$

Donde:

$\gamma$ : Peso específico de la mezcla [ $21189,6 \frac{N}{m^3}$ ]

$A$ : Área del recipiente de almacenamiento [ $0,063m^2$ ]

$L$ : Longitud del recipiente de almacenamiento [ $1 m$ ]

$$F_v = 21189,6 \frac{N}{m^3} \times 0,063m^2 \times 1m$$
$$F_v = 1335 N$$

Para determinar el área del recipiente, se aplica la fórmula de área de un semicilindro.

$$A = \frac{\pi}{8} \times (\phi_B^2) = \frac{\pi}{8} \times (0,4m)^2 = 0,063$$

Para determinar la fuerza horizontal ( $F_H$ ), se utiliza la fórmula mostrada en la ecuación (5), se tiene lo siguiente:

$$F_H = \gamma \times L \times r_B \times H_c \quad (5)$$

Donde:

$r_B$ : Radio del recipiente de almacenamiento [ $0,2 m$ ]

$H_c$ : Altura del tanque hacia el centro de masa [ $0,1m$ ]

$$F_H = 21189,6 \frac{N}{m^3} \times 1m \times 0,2m \times 0,1m$$
$$F_H = 423,8 N$$

De acuerdo con la gráfica mostrada en la figura 2, la fuerza resultante se determina con la ecuación (6).

$$F_R = \sqrt{F_H^2 + F_v^2} \quad (6)$$
$$F_R = 1400,65 N$$

Con la fuerza resultante, se procede a realizar un análisis de cargas estático considerando la sección transversal del recipiente, en este caso es rectangular, con el software Mdsolid, se determinara el momento máximo ejercido sobre el recipiente con respecto a la fuerza resultante (para la Figura 18  $W1 = F_R \times d$ ).

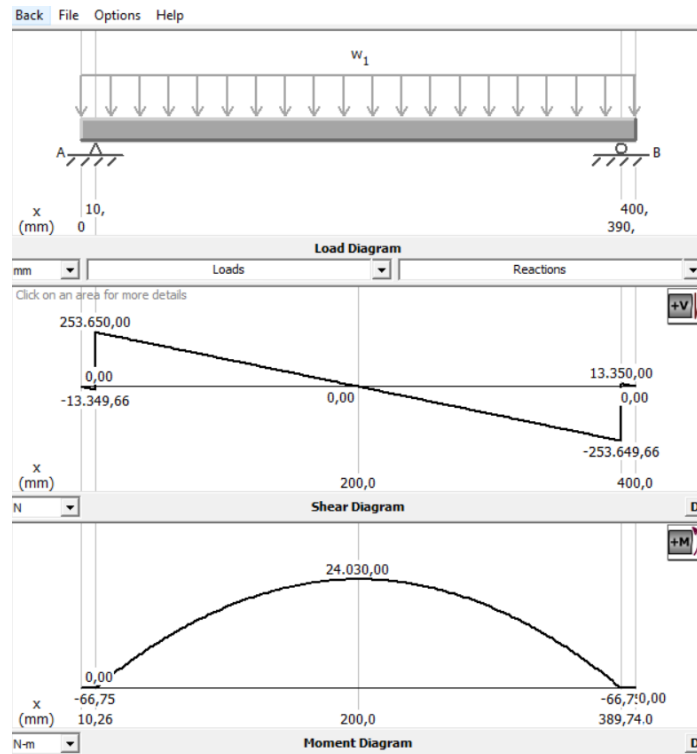


Figura 18 Diagrama estático del tanque de almacenamiento. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.

$$M_{max} = 24030 \text{ N m}$$

Con el valor de momento máximo, se procede a aplicar la fórmula de esfuerzo máximo de flexión, mostrado en la ecuación (7).

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \quad (7)$$

Donde:

$M_{max}$ : Momento máximo ejercido sobre el recipiente de almacenamiento [24030 N m]

$S$ : Módulo de la sección [ $m^3$ ]

Además de la ecuación (7), se puede determinar el esfuerzo máximo de flexión con la resistencia del material y el factor de seguridad que se va a aplicar, según menciona Robert Mott, de acuerdo con los lineamientos es recomendable utilizar un factor de seguridad de 2, el material que se seleccionó es una chapa metálica ASTM A36.

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n} \quad (8)$$

Donde:

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 [250 MPa]

$n$ : Factor de seguridad de diseño [1]

$$\sigma_{max} = \frac{250 \text{ MPa}}{2} = 125 \text{ MPa}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (8) en la ecuación (7), se tiene el siguiente resultado:

$$125 \text{ MPa} = \frac{24030 \text{ N m}}{S}$$

$$S = 4.805 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

El módulo de la sección para geometrías semicirculares se calcula con la ecuación (9).

$$S = \frac{\pi(d^4 - d_i^4)}{64 d} \quad (9)$$

Donde:

$d$ : Diámetro exterior del recipiente  $[0,4m]$

$d_i$ : Diámetro interior del recipiente  $[m]$

$$4,81 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = \frac{\pi[(0,4m)^4 - d_i^4]}{64 (0,4m)}$$

$$d_i = 394 \text{ mm}$$

Para determinar el espesor se aplica la siguiente ecuación:

$$e = \frac{d - d_i}{2}$$

$$e = \frac{400mm - 394mm}{2} = 3mm$$

En el anexo 1, se muestra el catálogo de chapas metálicas de acero ASTM A36, del cálculo se define un espesor de chapa de 3 [mm] pero el mismo se realizó para carga estática

### 3.1.3 Análisis de elementos finitos de la carcasa

Para el análisis de elementos finitos se utilizó el software Solidworks, en la Figura 19, se muestra el análisis de esfuerzo de Von Mises aplicado sobre el tanque de almacenamiento de ingredientes para la mezcla de arcilla.



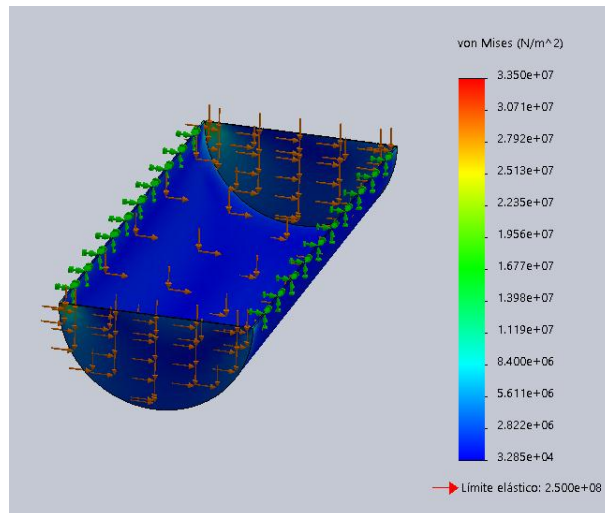


Figura 19. Esfuerzos de Von Mises aplicado sobre la carcasa.

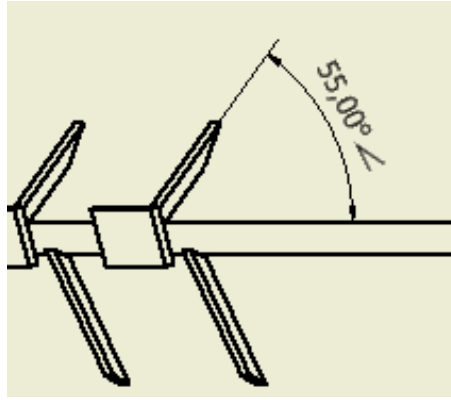
Como se observa el esfuerzo de Von Mises máximo tiene un valor de 33 MPa, el cual debe ser inferior al límite de fluencia del material seleccionado, con la finalidad de que el diseño sea adecuado y soporte las cargas a las que se encuentra sometido, es esfuerzo de fluencia del acero AST A36, es de 220 MPa, lo que quiere decir que está dentro del rango permitido [17]. Este valor alto del esfuerzo es producto del material a utilizar, el cual es reciclado.

### 3.2 Diseño de las paletas

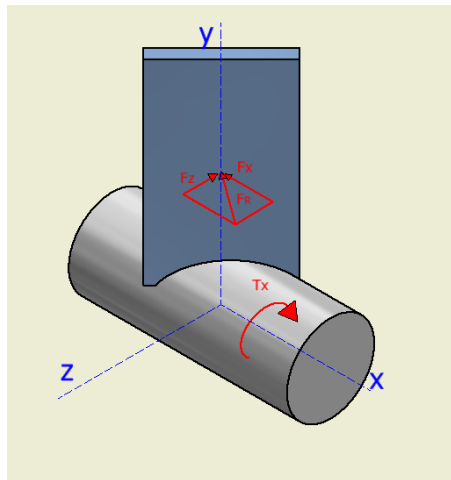
Como se muestra en la figura 21, la fuerza resultante determinada anteriormente aplicada sobre la pared del recipiente del almacenamiento es la misma que se aplica en las paletas, es decir que la fuerza producida por el torque del eje principal debe ser mayor para realizar la mezcla de los ingredientes de la arcilla la Victoria.

$$F_R = \mu \times F_N$$

Se ha considerado que las paletas se inclinen aproximadamente 55 grados el cual es una base estándar para diseño de sistemas de traslación en un tornillo, pues según Gutiérrez [18] mientras mayor sea la viscosidad del material, procesado, más agudo debe ser el ángulo del perfil para adaptarlo a la línea de flujo. El barro que se procesa tiene como fin ser una pasta moldeable, y esta posee una propiedad física que impide que este fluya con facilidad sobre una superficie.



**Figura 20.** Angulo de inclinación para las paletas.



**Figura 21.** Diagrama de fuerza aplicada en las paletas.

Donde:

$\mu$ : Coeficiente de rozamiento entre el acero y la arena [0,60]

$F_N$ : Fuerza normal ejercida por la mezcla

$$F_N = m \times g$$

$$F_N = 108 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1059,8 \text{ N}$$

Remplazando el valor de la fuerza normal y el coeficiente de fricción, se determina la fuerza resultante aplicada en las paletas mezcladoras.

$$F_R = 0,60 \times 1059,8 = 635,9 \text{ N}$$

Las paletas se encuentran alineadas y son simétricas, debido a esto la fuerza que se aplica en una de las paletas sería la fuerza resultante sobre el número de paletas en acción al momento de realizar el proceso de mezclado

$$F_p = \frac{F_R}{8} = 79,5 \text{ N}$$

$$Q_p = \frac{F_p}{L} = \frac{79,5 \text{ N}}{170 \text{ mm}} = 0,47 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Con la fuerza resultante se realiza un análisis estático ( $W1 = F_R \times d$  en la Figura 22), considerando que la paleta se encuentra en voladizo ya que la parte posterior esta soldada en el eje principal, la longitud de cada paleta es de 170 mm, se realiza un análisis estático de la paleta. El costo de manufactura de la soldadura es menor que el costo de mecanizado si se decidirá hacer las paletas desmontables.

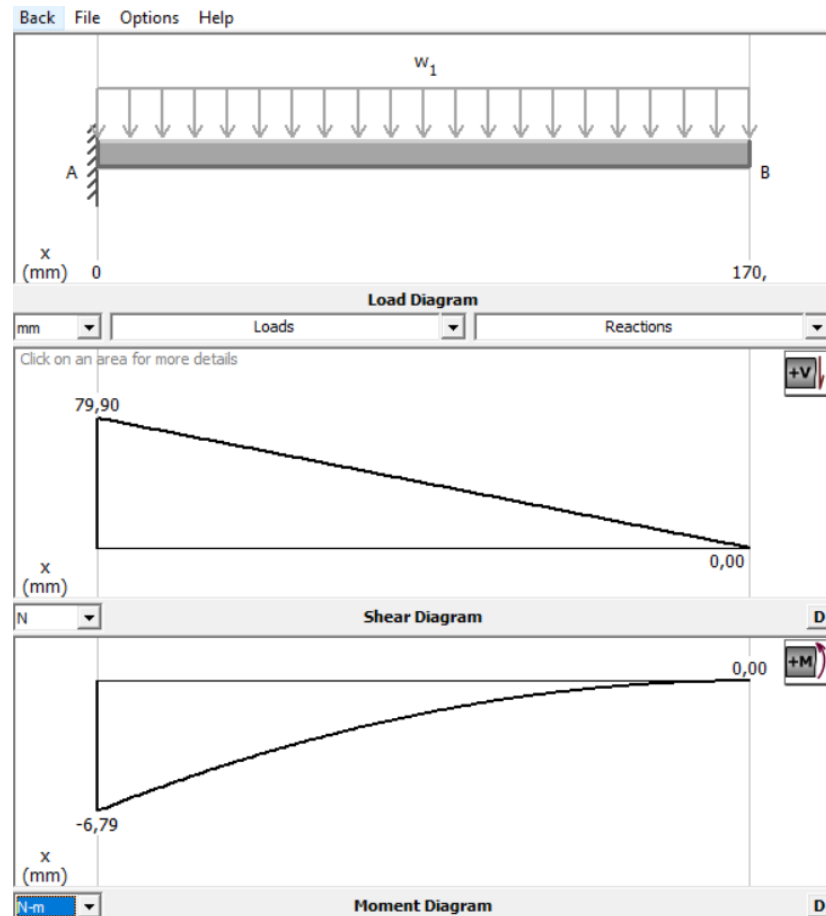


Figura 22. Diagrama estático en la paleta mezcladora. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.

$$M_{max} = 6,8 \text{ Nm}$$

Una vez determinado el momento máximo, se aplica la ecuación (8), para determinar el esfuerzo de flexión de la paleta.

$$\sigma_{max} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{max} = \frac{250 \text{ MPa}}{2} = 125 \text{ MPa}$$

El valor determinado se aplica en la ecuación (10), se determina el módulo de la sección de la paleta.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \quad (10)$$

$$S = \frac{6,8 Nm}{125 MPa} = 5,44 \times 10^{-8} m^3$$

A continuación, se utiliza la fórmula de módulo de la sección de placas rectangulares como es el caso de la platina de acero ASTM A36, la fórmula para determinar el módulo de la sección, se muestra en el anexo 2.

$$S = \frac{d \times h^2}{6} \quad (11)$$

Donde:

$d$ : Ancho de la paleta mezcladora [0,050m]

$h$ : Espesor de la paleta mezcladora [m]

$$d = \sqrt{\frac{6 \times S}{b}} = \sqrt{\frac{6 \times 5,44 \times 10^{-8} m^3}{0,050m}}$$

$$h = 2,5 mm$$

Según el catálogo mostrado en el anexo 2, la platina que se seleccionó es la de 6 mm, espesor muy similar al de hoja de ballesta automotriz que es el que se utilizara, además facilita el trabajo de soldadura con el eje principal.

### 3.2.1 Análisis estático de las paletas

El criterio de falla que se va a utilizar para determinar el factor de seguridad de diseño de las paletas, como lo menciona [18], es el de Von Mises, debido a que es muy conservador a la hora de diseñar lo que permite que no exista sobredimensionamiento del elemento analizado, la fórmula se muestra en la ecuación (12).

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (12)$$

Donde:

$\sigma_{max}$ : Esfuerzo a flexión [MPa]

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante [MPa]

El esfuerzo a flexión se determina de acuerdo con la geometría que posee el elemento analizado, en el caso de la platina rectangular, se aplica la siguiente ecuación.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times c}{I} \quad (13)$$

Donde:

$c$ : Distancia al centroide de la sección  $[0,04m]$

$I$ : Momento de inercia  $[m^4]$

En el anexo 3, se observa las diferentes ecuaciones para determinar los momentos de inercia por su geometría.

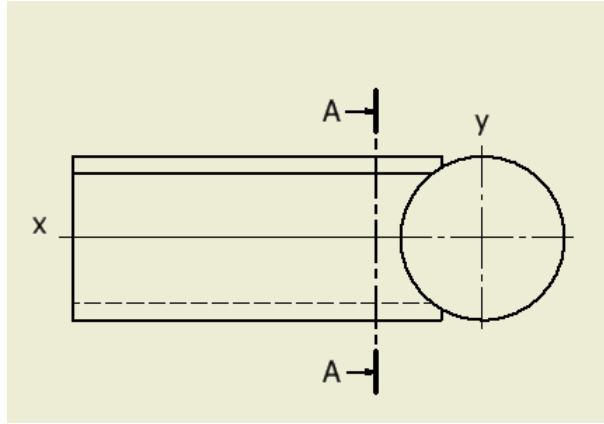


Figura 23. Vista frontal del rotor de la mezcladora.

En la figura 23, se observa la vista frontal del eje y la paleta, el momento de inercia en este caso es con respecto al eje x, se utiliza la siguiente para determinar el momento de inercia.

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,050m \times (0,006m)^3}{12}$$
$$I = 9 \times 10^{-10}m^4$$

Los valores obtenidos se remplazan en la ecuación 13, se tiene el siguiente resultado:

$$\sigma_{max} = \frac{6,8 Nm \times 0,003m}{9 \times 10^{-10}m^4} = 22,66 MPa$$

El siguiente esfuerzo que se debe determinar es el esfuerzo cortante que se produce en la paleta por efecto de la fuerza resultante de la mezcla. La ecuación que se debe utilizar es la de la sección rectangular, según menciona Budynas & Nisbett [18], es la siguiente:

$$\tau_{xy} = \frac{3V}{2A} \quad (14)$$

Donde:

$V$ : Fuerza cortante  $[700,40 N]$

$A$ : Área de la sección transversal  $[3 \times 10^{-4}m^2]$

$$\tau_{xy} = \frac{3(79,9N)}{2(3 \times 10^{-4}m^2)} = 0,4 MPa$$

Aplicando la ecuación (13) y (14), en la ecuación 2, se obtiene el resultado del esfuerzo de Von Mises.

$$\sigma' = \sqrt{(22,66 \text{ MPa})^2 + 3(0,4 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma' = 22,67 \text{ MPa}$$

Con el fin de verificar un factor de seguridad estático adecuado, tenemos:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (15)$$

Donde:

$S_y$ ; Esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 [250MPa]

$\sigma'$ : Esfuerzo de Von Mises [22,67 MPa]

$$n = \frac{250 \text{ MPa}}{22,67 \text{ MPa}} = 11,02$$

El valor de factor de seguridad estático calculado, muestra que el diseño está dentro del rango de funcionamiento y es debido a las características del material a utilizar, la confiabilidad es alta para el diseño.

### 3.2.2 Análisis de elementos finitos de la paleta mezcladora

Para el análisis de elementos finitos en la paleta, se analiza como un perfil en voladizo ya que la parte inferior se encuentra fija en el eje principal, en la Figura 24, se muestra el análisis de esfuerzos Von Mises, para verificar si el diseño es adecuado.

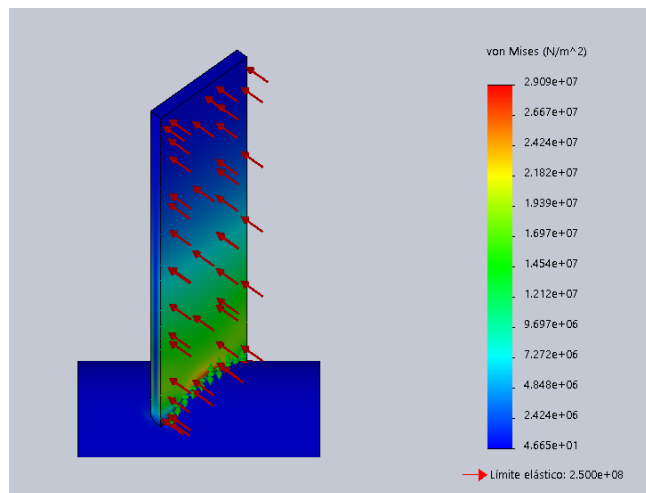


Figura 24. Análisis del esfuerzo Von Mises aplicado sobre la paleta mezcladora. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.

Se observa que los puntos más críticos de la paleta se encuentran ubicados en la unión entre el eje y la paleta, el valor máximo de esfuerzo a Von mises es de 29 MPa, el cual es menor que el límite de fluencia del material.

### 3.3 Diseño del eje de paletas

El eje este encargado de transmitir el movimiento hacia las paletas mezcladoras, este se encuentra unido a un grupo motriz que por medio de catarinas hacia el motor permite realizar el movimiento rotatorio. El eje es el elemento más crítico en el diseño ya que este debe soportar principalmente las cargas estáticas producidas en el proceso de mezclado. Este análisis considera los valores de:

1. Peso de la arcilla
2. Peso de las paletas
3. Peso del eje
4. Peso Total
5. Torque de la Catarina

De acuerdo con el diagrama mostrado en la Figura 25, se debe determinar el momento máximo ejercido sobre el eje principal para continuar con el análisis estático y dimensionamiento de este.

$$T_{real} = \frac{H_{real}}{\omega_d} \quad (16)$$

Donde:

$T_{real}$ : Torque producido en el eje principal [Nm]

$H_{real}$ : Potencia real del sistema [1133.46 Watts]

$\omega_d$ : Velocidad angular en el eje principal [30 RPM]

$$T_{real} = \frac{1133.46 \text{ Watts}}{3,1416 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 360.8 \text{ Nm}$$

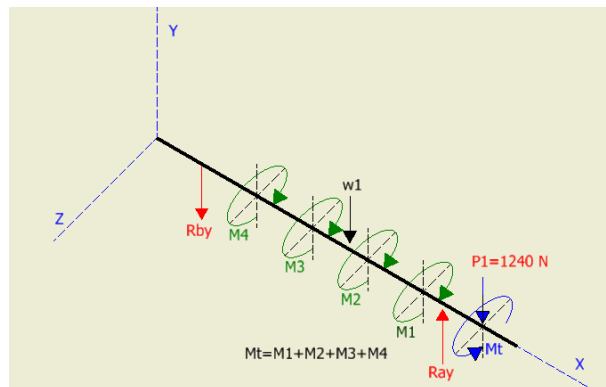


Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del eje principal. Elaborado por Cristina Ñacasha & Gabriel Rojas.

Con el valor del torque producido en el eje principal, se procede a determinar la carga aplicada en la catarina d, por efecto de la tensión de la cadena, la cual produce un esfuerzo de flexión en el eje principal.

$$P_1 = \frac{T_{real}}{r_d} \quad (17)$$

Donde:

$P_1$ : Tensión aplicada en la cadena [N]

$r_d$ : Radio de giro de la catarina d [0,333m]

$$P_1 = \frac{360,8 \text{ Nm}}{0,333 \text{ m}} = 1083 \text{ N}$$

Para determinar el peso del eje principal, se estima un diámetro de 40 mm, además de una longitud de 1300 mm, la densidad para el acero es de  $7850 \frac{Kg}{m^3}$ , con estos, se procede a determinar la fuerza ejercida por el peso del eje, con la siguiente ecuación.

$$W = m \times g \quad (18)$$

Donde:

$m$ : Masa total del eje principal [Kg]

$g$ : Gravedad de la tierra [ $9,8 \frac{m}{s^2}$ ]

$$m = \rho \times V$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del acero [ $7850 \frac{Kg}{m^3}$ ]

$V$ : Volumen del eje principal [ $m^3$ ]

El volumen se determina con la fórmula de volumen de un cilindro y se tiene el siguiente resultado:

$$V = \frac{\pi}{4} \times \phi^2 \times L$$

$$V = 1,63 \times 10^{-3} m^3$$

Por lo tanto

$$m = 12,8 \text{ Kg}$$

Además de esto se considera el peso de las paletas que se encuentran sobre el eje principal, para ello se procede a calcular la masa de una paleta multiplicado por el número de paletas totales.

$$V_{paleta} = h \times L \times e$$



Donde:

$h$ : Ancho de las paletas [0,050m]

$L$ : Longitud de las paletas [0,170 m]

$e$ : Espesor de las paletas [0,006 m]

$$V_{paletas} = 0,050m \times 0,170m \times 0,006m$$

$$V_{paletas} = 5,1 \times 10^{-5}m^3$$

La masa de las paletas se determina con la siguiente ecuación:

$$m_{paleta} = \rho \times V_{paleta}$$

$$m_{paleta} = 0,40 Kg$$

Para determinar la masa total, se multiplica el valor calculado por el número de paletas que existen sobre el eje principal, en este caso 16 sumado el valor de la masa del eje principal.

$$m_{total} = (16 \times 0,40 Kg) + 12,8 Kg = 19,20 Kg$$

Una vez determinada la masa del eje y de las paletas, se calcula el valor del peso que producen estos elementos sobre el eje principal.

$$W_{total} = 19,20 Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 188,16 N$$

También se requiere colocar las cargas que producen las paletas al realizar el proceso de mezclado, las cuales actúan como cargas flexionantes sobre el eje.

$$F_p = 79,5 N$$

$$F_p = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7$$

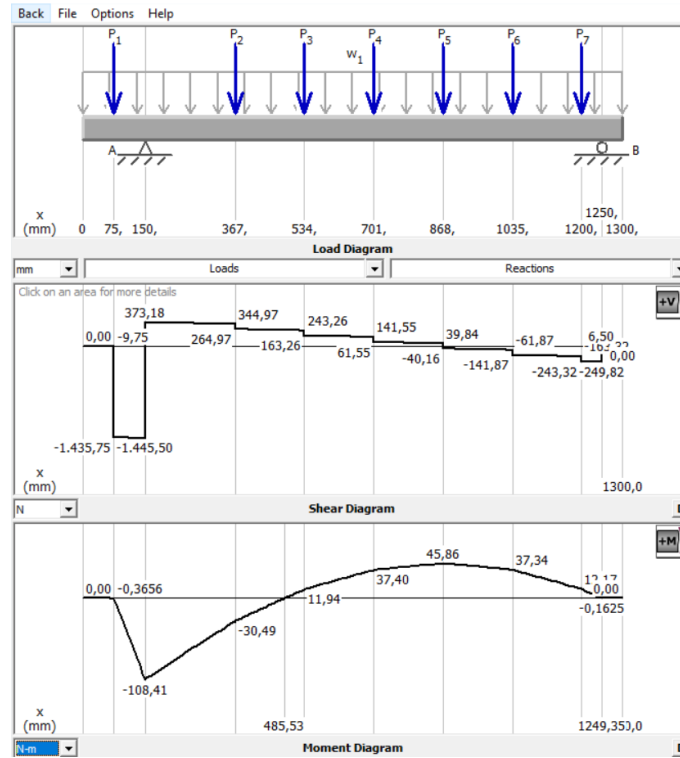


Figura 26. Diagramas de momentos flectores y fuerza cortantes en el eje principal.

Entonces de acuerdo con la gráfica se observa que el momento máximo se encuentra en el punto A, y es donde se encuentra la catalina de mayor diámetro, por lo que la tensión en la cadena provoca un momento mayor.

$$M_{max} = 108,41 \text{ Nm}$$

### 3.3.1 Dimensionamiento del eje de paletas

Para garantizar que el diseño del eje principal sea el correcto, existen los criterios de falla que mencionas Budynas & Nisbett [18], el más utilizado por la mayoría de los diseñadores es el de Von Mises ya que se aproxima a un diseño óptimo evitando que exista sobredimensionamiento en los elementos.

Para determinar el esfuerzo de flexión, se aplica la fórmula de la ecuación.

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3} \quad (19)$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 108,41 \text{ N m}}{\pi d^3} = \frac{1104}{d^3}$$

El esfuerzo de torsión se determina con la fórmula de la ecuación  $\tau_{xy} = \frac{16 T_{sist}}{\pi d^3}$

(20), y este es producido por el torque.

$$\tau_{xy} = \frac{16 T_{sist}}{\pi d^3} \quad (20)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 475 \text{ N m}}{\pi d^3} = \frac{2419}{d^3}$$

Una vez obtenido los valores de los esfuerzos a flexión y cortante, se aplica ecuación de Von Mises para determinar el diámetro del eje principal.

$$\begin{aligned}\sigma' &= (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \\ \sigma' &= \left\{ \left( \frac{1104}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{2419}{d^3} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ \sigma' &= \left( \frac{4332,84}{d^3} \right)\end{aligned}\tag{21}$$

El factor de seguridad estático se obtiene con la siguiente ecuación, se mantiene el factor de seguridad de 2 para el diseño que se tenía inicialmente.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}\tag{22}$$

Donde:

$n$ : Factor de seguridad

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia del material seleccionado (AISI 1018) [220 MPa]

$\sigma'$ : Esfuerzo de Von Misses [MPa]

El acero AISI 1018, se utiliza para la fabricación de piezas que requieran resistencia al desgaste, además posee propiedades mecánicas de ductilidad y maquinabilidad que facilitan el trabajo de construcción.

$$\begin{aligned}\sigma' &= \frac{S_y}{n} \\ \frac{4333}{d^3} &= \frac{220 \text{ MPa}}{2} \\ d^3 &= \frac{2 \times 4333}{220 \text{ MPa}} \\ d &= 34 \text{ mm}\end{aligned}$$

El diámetro requerido por el eje principal es de 34 mm, en este caso por facilidad del diseño de acuerdo con el catálogo de ejes mostrado en el anexo 8, se seleccionó un eje de 38 mm, de esta manera se busca brindar mayor seguridad en el diseño.

### 3.3.2 Factor de seguridad real

El factor de seguridad real se determina con el diámetro seleccionado de acuerdo con el catálogo y la disponibilidad de los diámetros existentes en el mercado.

Esfuerzo a flexión aplicado sobre el eje principal.

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3} = \frac{32 \times (108,41 \text{ Nm})}{\pi (0,038\text{m})^3}$$

$$\sigma_x = 20,12 \text{ MPa}$$

Esfuerzos cortantes aplicado en el eje principal

$$\tau_{xy} = \frac{16 T_{sist}}{\pi d^3} = \frac{16 (475 \text{ Nm})}{\pi (0,038)^3}$$

$$\tau_{xy} = 44 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \{(20,12)^2 + 3(44)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 78,82 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad real se determina aplicando la ecuación.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \tag{23}$$

$$n = \frac{220 \text{ MPa}}{78,82 \text{ MPa}} = 2,79$$

El valor obtenido de factor de seguridad es favorable para el diseño ya que se estima que no debe ser inferior a 1 para tener un diseño adecuado, este valor puede variar de acuerdo con el material seleccionado para el eje, ya que si se tiene un esfuerzo de fluencia mayor la vida útil del eje aumenta y también el factor de seguridad de diseño.

### 3.4 Cálculo de las principales uniones soldadas

Las juntas soldadas que se considera críticas en la maquina mezcladora son las de las paletas las cuales se encuentran unidas un eje, y soportan el esfuerzo máximo durante el proceso de mezclado. Según el tipo de material, acero al carbono SAE 1045, este puede ser soldado satisfactoriamente por soldadura de arco con el uso de electrodos de bajo hidrogeno.

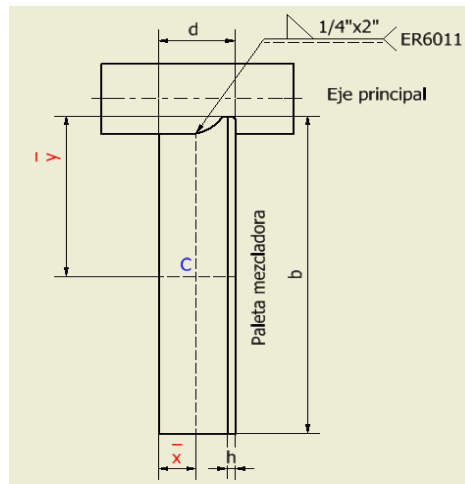


Figura 27. Paleta soldada al eje principal.

$$b = 0,17 \text{ m}$$

$$d = 0,050 \text{ m}$$

$$h = 0,006 \text{ m}$$

$$\bar{x} = \frac{b}{2} = 0,085 \text{ m}$$

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d} = \frac{(0,17 \text{ m})^2}{0,050 + (2 \times 0,17 \text{ m})} = 0,00925 \text{ m}$$

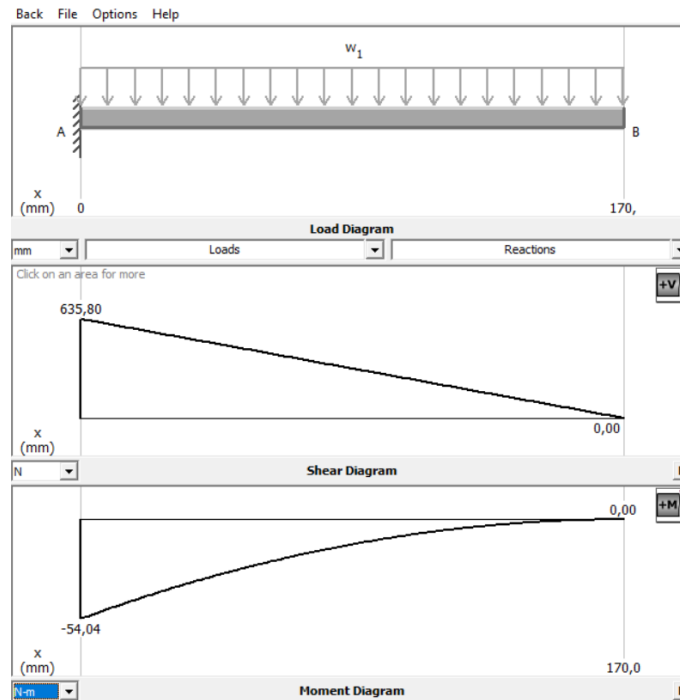
	$A = 0,707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
--	----------------------	---------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

Figura 28. Propiedades flexionantes de la soldadura de filete

$$A = 0,707 (0,006 \text{ m}) (0,17 \text{ m} + 0,1 \text{ m})$$

$$A = 1,14 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Para determinar el esfuerzo cortante primario, se relaciona la fuerza aplicada sobre la paleta y el área de esta.



$$\tau' = \frac{F}{A} = \frac{636 \text{ N}}{1,14 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0,56 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante secundario se determina con la ecuación (26), se tiene lo siguiente:

$$\tau'' = \frac{M \times r}{I} \quad (24)$$

Donde:

$M_{max}$ : Momento máximo aplicado sobre la paleta [6,8 Nm]

$r$ : Distancia dese el centro de masa al punto de soldadura [0,085m]

$I$ : Momento de inercia [ $\text{m}^4$ ]

$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$$

$$I_u = \frac{2(0,050\text{m})^3}{3} - 2(0,05)^2(0,00925\text{m}) + (0,17\text{m} + 0,1\text{m})(0,00925\text{m})^2$$

$$I_u = 6,01 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

El momento de inercia en el cordón de la soldadura se determina con la fórmula mostrada en la ecuación siguiente.

$$I = 0,707 h \times I_u \quad (25)$$

$$I = 0,707 (0,006\text{m}) \times 6,01 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$I = 2,55 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Remplazando los valores obtenidos en la ecuación  $I = 0,707 h \times I_u$

(25), se determina el esfuerzo cortante secundario.

$$\tau'' = \frac{54,04 \text{ Nm} \times (0,085 \text{ m})}{2,55 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 18,01 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante total se determina con la siguiente ecuación:

$$\tau = \sqrt{(\tau')^2 + (\tau'')^2}$$

$$\tau = \sqrt{(0,56 \text{ MPa})^2 + (18,01 \text{ MPa})^2}$$

$$\tau = 18,02 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad, se utiliza la ecuación siguiente, y se obtiene:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$n = 12.2$$

### 3.5 Potencia del motor eléctrico

Posee una velocidad estándar de 1700 rpm accionado por una tensión de 110 VAC, en el eje se recomienda utilizar un rango de entre 30 a 60 RPM, tomando en cuenta el diámetro del eje de paletas y el tipo de material que se procesa. Considerando este barro arcilloso como un material abrasivo y granular con un peso específico entre 0,8 – 1,6 t/m<sup>3</sup>.

Cálculo de la potencia requerida por el eje:

$$Pot_e = F_R \times r \times \omega \quad (26)$$

Donde:

$Pot_e$ : Potencia en el eje

$F_R$ : Fuerza resultante aplicada en las paletas [1401 N]

$r$ : Distancia al punto centro del eje (181.90 mm)

$\omega$ : revoluciones requeridas en el eje 30 rpm (3,14159 rad/s)

$$Pot_e = 800,61 \text{ [Watts]} \approx 1,07 \text{ [Hp]}$$

Con el valor de  $Pot_e$  se obtiene la potencia necesaria para el motor eléctrico. Se toma en cuenta que el rendimiento real de un motor es más bajo que el teórico, se asume que el motor trabaje a un 70% de su capacidad. Aplicando la ecuación siguiente.

$$Pot_M = \frac{Pot_e}{\eta} \quad (27)$$

Donde:

$Pot_M$ : Potencia del motor [Hp]

$\eta$ : Rendimiento (0,7)

$$Pot_M = 1,52 [Hp]$$

El motor seleccionado se muestra en el anexo 5, de acuerdo con la potencia calculada se recomienda un motor de 2 HP, con una velocidad angular de 1800 rpm, posteriormente se debe hacer la reducción de velocidad angular para el funcionamiento correcto de la máquina. Por facilidad del beneficiario entrega un motor de 3HP que trabaja a 1750 rpm y en base a eso se realizaran los cálculos.

### 3.6 Sistema de reducción de velocidad

Para reducir la velocidad en la maquina mezcladora de barro, se tiene tres etapas la primera etapa a la salida del motor, se utiliza un juego de polea a y polea b, se encuentra acoplada a una caja reductora de motos con relación de transmisión 1:3, y en la salida de la caja reductora se tiene el juego de catarinas que permite realizar la última etapa de reducción.

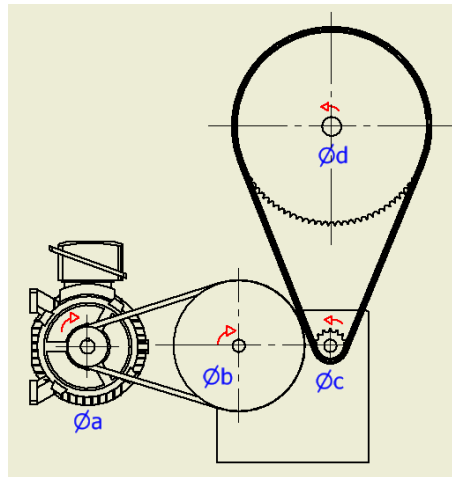


Figura 29. Sistema de reducción de velocidades mezcladora de arcilla.

Para obtener la velocidad angular requerida en el eje de paletas, se optó por realizar la reducción en tres etapas. Consiste en un sistema de reducción por poleas, una caja de cambios de una motocicleta y, un sistema de catarinas y cadena para la última etapa de reducción.

#### 3.6.1 Sistema de reducción por poleas

Como datos importantes se tiene que el motor gira a 1750 rpm y el eje de paletas debe girar a 30 Rpm. La reducción de las revoluciones se las realizará por etapas, hasta lograr una relación de 1:60

- 1ra etapa 1:4 – Motor a caja
- 2da etapa 1:3 – Reducción propia de la caja
- 3ra Etapa 1:5 – Caja hacia eje



Como se observa en la *Figura 30*, la reducción de velocidad con poleas requiere seleccionar un juego que permita realizar una relación en este caso de 1:4, para lo cual se debe determinar los diámetros primitivos del juego de poleas.

Se asume un diámetro estándar para la polea, un valor de 75mm

$$i = \frac{\phi_a}{\phi_b} \quad (28)$$

Donde:

$i$ : Relación de transmisión de las poleas 1:4

$\phi_a$ : Diámetro de la polea conductora [0,071m]

$\phi_b$ : Diámetro de la polea conducida [m]

$$\frac{1}{4} = \frac{\phi_a}{\phi_b}$$

$$\phi_b = 4(\phi_a) = 0,284 \text{ m}$$

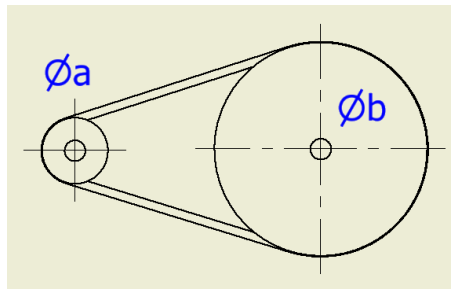


Figura 30. Vista frontal del sistema de transmisión por poleas. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.

Para determinar las revoluciones a la salida del sistema, se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{\omega_a}{\omega_b} = \frac{\phi_b}{\phi_a}$$

Donde:

$\omega_a$ : Velocidad angular en la polea a [1750 RPM]

$\omega_b$ : Velocidad angular a la salida polea b [RPM]

$$\omega_b = \frac{\omega_a \times \phi_a}{\phi_b}$$

$$\omega_b = \frac{1750 \text{ RPM} \times 0,071\text{m}}{0,284\text{m}} = 437,5 \text{ RPM}$$

Con los datos obtenidos, se determina que se utilizara un juego de poleas de 75 mm y 280 mm respectivamente, ya que son las dimensiones que se pueden encontrar en el mercado como se muestra en el anexo 7.

### 3.6.1.1 Selección de banda

Para obtener la banda adecuada se debe conocer la potencia de diseño y las revoluciones adecuadas hasta este punto de reducción 1,5 Hp y 437,5 RPM respectivamente con estos datos ingresamos a las tablas donde se determina que se necesita una banda tipo A (Anexo 13) o 3V (Anexo 14)

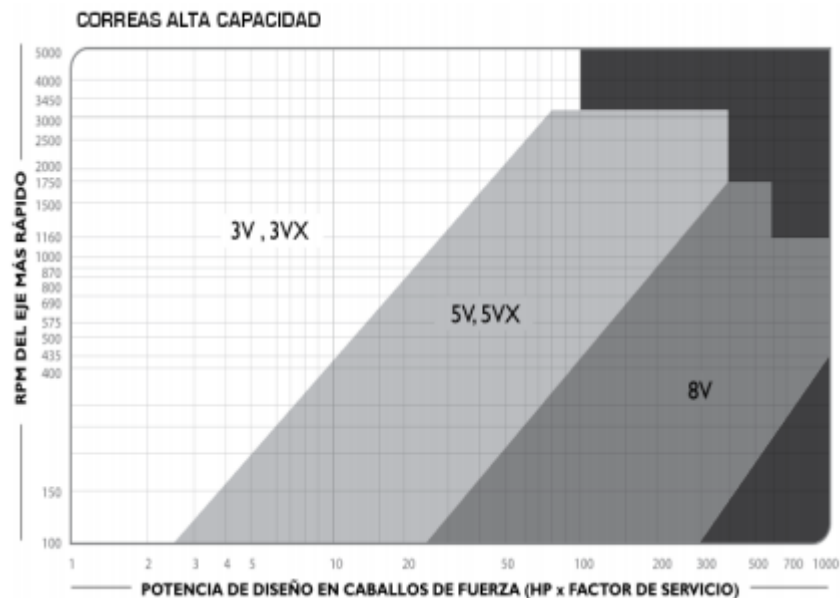


Figura 31 Correas de alta capacidad

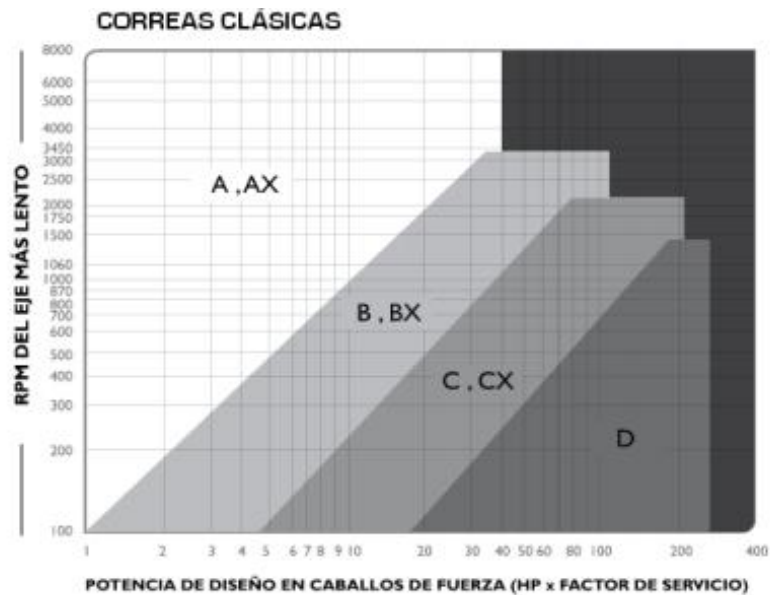


Figura 32 Correas clásicas

### 3.6.2 Sistema de reducción de la caja

En la segunda etapa se utilizó, una caja de velocidades de una motocicleta, con la cual se puede conseguir la reducción de velocidad gracias a los juegos de piñones que posee en su interior para realizar la reducción, en este caso la primera marcha que es la que

produce una relación más alta de reducción es de 13/38, con este valor se procede a determinar la velocidad de salida de la caja reductora.

$$i_{caja} = \frac{13}{38}$$

$$\omega_c = i_{caja} \times (\omega_b)$$

Donde:

$\omega_c$ : Velocidad angular a la salida de la caja reductora [ *RPM* ]

$i_{caja}$ : Relación de transmisión de la caja reductora [ $\frac{13}{38}$ ]

$\omega_b$ : Velocidad angular a la entrada de la caja reductora [ 450 *RPM* ]

$$\omega_c = 0,342 \times (437,5 \text{ RMP}) = 149,625 \text{ RPM}$$

### 3.6.3 Sistema de reducción por catarinas

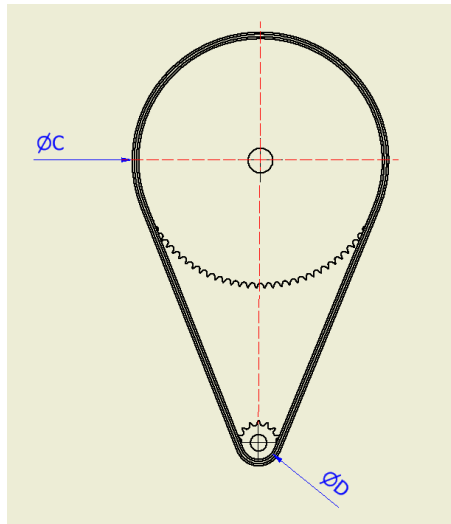


Figura 33 Vista frontal del sistema de transmisión por catarinas.

Para lograr 20 rpm (velocidad angular recomendada para el inicio del proceso de mezclado), se tiene como opción hacer la reducción por medio de catarinas, en el anexo 7, se muestra los juegos de piñones que se pueden seleccionar para lograr las revoluciones de salida requeridas.

$$\omega_d = \frac{\omega_c \times \phi_c}{\phi_d} \quad (29)$$

Donde:

$\omega_d$ : Velocidad angular a la salida del eje principal [20 *RPM*]

$\omega_c$ : Velocidad angular a la entrada del piñón d [149.63 *RPM*]

$\phi_c$ : Diámetro de la catarina conductora [0,065m]

$\phi_d$ : Diámetro de la catalina conducida [m]

$$20 \text{ RPM} = \frac{149,63 \text{ RPM} \times 0,065 \text{ m}}{\phi_d}$$

$$\phi_c = 0,486 \text{ m} = 486 \text{ mm}$$

$$i_{catalinas} = \frac{\phi_c}{\phi_d} = \frac{Zc}{Zd}$$

Donde:

$i_{catalinas}$ : Relación de transmisión de las catalinas

$Zc$ : Número de dientes de la catalina c [16]

$Zd$ : Número de dientes de la catarina d

$$i_{catalinas} = 0,1337 = \frac{Zc}{Zd}$$

$$Zd = \frac{16}{0,1337} = 119$$

Con los datos obtenidos, se determina que se utilizara un juego de catarinas de 65 mm y 16 dientes para la catalina pequeña, la otra catarina seleccionada es de 486 mm, con 120 dientes, estos valores para la selección de las catalinas se muestran en el anexo 7.

El torque ejercido en la catarina de mayor diámetro es calculado de la manera siguiente:

$$T_{sistema} = F_R \times r_0$$

Donde:

$T_{sis}$ : Torque de la catarina de mayor diámetro

$r_0$ : Radio [0,19 m]

$F_R$ : Fuerza resultante aplicada en las paletas [635,9 N]

$$T_{sistema} = 635,9 \text{ N} \times 0,189 \text{ m} = 126,54 \text{ Nm}$$

### 3.6.3.1 Cálculo de la longitud de la cadena

$$L_c = (+\phi_D) \times \frac{\pi}{2} + 2I + \frac{\phi_c - \phi_D}{4I} \quad (30)$$

Donde:

$I$ : Distancia entre centros [0,6m]

$$L_c = (0,384 \text{ m} + 0,065 \text{ m}) \times \frac{\pi}{2} + 2(0,6 \text{ m}) + \frac{0,384 \text{ m} - 0,065 \text{ m}}{4(0,6 \text{ m})}$$

$$L_c = 2,03 \text{ m}$$

Se requiere una cadena de 2,03 metros de longitud para acoplarla en las dos catalinas y permitir la transmisión de movimiento, la cadena que se requiere es una cadena ISO simplex con un paso de  $\frac{3}{16}$  plg, mostrado en la Figura 34.

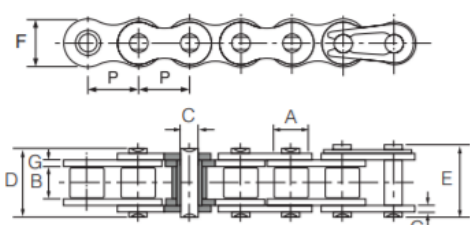
Roller chain		BULNES					
ANSI Standard Roller Chain		Series ANSI Roller Chain					
							
ISO Chain number/ Número de cadena	Pitch / Paso	Roller diameter/ diámetro de rodillo	Width between inner plates/ An- cho entre placas interiores	Pin diameter/ diámetro de perno	Pin length/ longitud de perno		
	P	A	B	C	D	E	
<b>SIMPLEX</b>							
*15-1	4,763	2,48	2,38	1,62	6,1	6,9	
*25-1	6,35	3,3	3,18	2,31	7,9	8,4	
*35-1	9,525	5,08	4,77	3,58	12,4	13,17	
41-1	12,7	7,77	6,25	3,58	13,75	15	
40-1	12,7	7,95	7,85	3,96	16,6	17,8	
50-1	15,875	10,16	9,4	5,08	20,7	22,2	
60-1	19,05	11,91	12,57	5,94	25,9	27,7	
80-1	25,4	15,88	15,75	7,92	32,7	35	
100-1	31,75	19,05	18,9	9,53	40,4	44,7	
120-1	38,1	22,23	25,22	11,1	50,3	54,3	
140-1	44,45	25,4	25,22	12,7	54,4	59	
160-1	50,8	28,58	31,55	14,27	64,8	69,6	
180-1	57,15	35,71	35,48	17,46	72,8	78,6	
200-1	63,5	39,68	37,85	19,85	80,3	87,2	
240-1	76,2	47,63	47,35	23,81	95,5	103	

Figura 34. Tipos de cadenas para catarinas

### 3.7 Selección de chumaceras

La selección del rodamiento para la chumacera va acorde a las cargas dinámicas y estáticas, las cuales producen las reacciones en las chumaceras de piso, también es necesario conocer el tiempo de trabajo que tendrá la máquina anualmente.

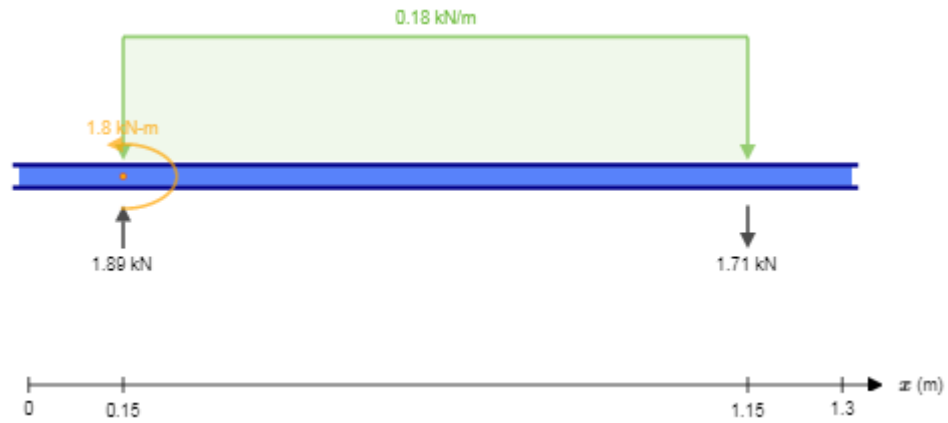


Figura 35. Gráfica de cargas aplicadas en el eje anclado a las chumaceras.

El tiempo de trabajo de una máquina de estas características es considerado de 6 horas al día, por los 20 días laborales del mes y el total de meses en un año; así se tiene un total de 1440 horas al año de trabajo.

$$Cr = \frac{fl}{fn} \times R_y \quad (31)$$

Donde:

$Cr$ : Carga dinámica aplicada en la chumacera

$fl$ : Coeficiente dinámico

$fn$ : Factor de velocidad

$R_{ay}$ : Carga radial ejercida en la chumacera del punto A [1389 N]

$R_{by}$ : Carga radial ejercida en la chumacera del punto B [28 N]

En la Figura 36, se muestra la tabla para determinar el factor  $fl$ , en función de las horas de trabajo. De acuerdo con la figura para 1440 horas de trabajo anualmente, se tiene un valor de 1,44.

▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$
$h$		$h$	
100	0,585	420	0,944
110	0,604	440	0,958
120	0,621	460	0,973
130	0,638	480	0,986
140	0,654	500	1
150	0,669	550	1,03
160	0,684	600	1,06
170	0,698	650	1,09
180	0,711	700	1,12
190	0,724	750	1,14
200	0,737	800	1,17
220	0,761	850	1,19
240	0,783	900	1,22
260	0,804	950	1,24
280	0,824	1000	1,26
300	0,843	1100	1,3
320	0,862	1200	1,34
340	0,879	1300	1,38
360	0,896	1400	1,41
380	0,913	1500	1,44
400	0,928	1600	1,47

Figura 36. Vida útil y factor de velocidad para rodamientos de bolas

En la Figura 37, se selecciona el factor de velocidad de acuerdo con el número de revoluciones a las que va a trabajar el eje principal.

▼ Valores  $f_n$  para rodamientos de bolas

$f_n = \sqrt[3]{\frac{33 \frac{1}{2}}{n}}$

$n$	$f_n$	$n$	$f_n$	$n$	$f_n$	$n$	$f_n$	$n$	$f_n$
$\text{min}^{-1}$		$\text{min}^{-1}$		$\text{min}^{-1}$		$\text{min}^{-1}$		$\text{min}^{-1}$	
10	1,49	55	0,846	340	0,461	1800	0,265	9500	0,152
11	1,45	60	0,822	360	0,452	1900	0,26	10000	0,149
12	1,41	65	0,8	380	0,444	2000	0,255	11000	0,145
13	1,37	70	0,781	400	0,437	2200	0,247	12000	0,141
14	1,34	75	0,763	420	0,43	2400	0,24	13000	0,137
15	1,3	80	0,747	440	0,423	2600	0,234	14000	0,134
16	1,28	85	0,732	460	0,417	2800	0,228	15000	0,131
17	1,25	90	0,718	480	0,411	3000	0,223	16000	0,128
18	1,23	95	0,705	500	0,405	3200	0,218	17000	0,125
19	1,21	100	0,693	550	0,393	3400	0,214	18000	0,123

Figura 37. Factor de velocidad rodamiento de bolas

El valor para 60 RPM, según la figura 37, es de 0.822 se remplaza estos valores en la

ecuación  $C_r = \frac{f_L}{f_n} \times R_y$  (31) se obtiene:

$$C_{r1} = \frac{1,44}{0,822} \times 33 \text{ N} = 57,81 \text{ N}$$

$$C_{r2} = \frac{1,44}{0,822} \times 1389 \text{ N} = 2433,28 \text{ N}$$

Para determinar la carga estática se utiliza la ecuación (31), para lo cual es necesario conocer el factor de esfuerzos estáticos de acuerdo con las cargas.

$$C_o = F_s \times R_y \quad (32)$$

Donde:

$C_o$ : Carga estática aplicada en la chumacera [N]

$F_s$ : Factor de esfuerzos estáticos

$R_y$ : Reacciones en el eje y aplicadas sobre la chumacera

En la figura 11, se muestra los valores que deben tomarse para  $F_s$ , en función de la exigencia de trabajo a la que la máquina estará sometida.

$f_s = 1,5 \dots 2,5$	para exigencias elevadas
$f_s = 1,0 \dots 1,5$	para exigencias normales
$f_s = 0,7 \dots 1,0$	para exigencias reducidas

Figura 38. Factor de esfuerzos para cargas estáticas

En función de los valores observados en la figura 34, la exigencia a la que la máquina mezcladora estará sometida es normal, de modo que el factor es de 1 a 1,5, para mejorar la selección del elemento, se trabajará con 1,5

$$C_{o1} = 1,5 \times 1389 \text{ N} = 2083,5 \text{ N}$$

$$C_{o2} = 1,5 \times 28 \text{ N} = 42 \text{ N}$$

Con el valor obtenido de las cargas dinámicas y estáticas, se selecciona un rodamiento que soporte dichas cargas además que su diámetro se aproxime al de eje para optimizar el tiempo de fabricación. Se seleccionó un rodamiento de 1 1/2 [plg] de diámetro interior, el cual soporta una carga dinámica de 9600 N y una carga estática de 6180 N, las cuales son mayores a las que se producen por efecto de las cargas en el eje principal.

### 3.8 Diseño del bastidor

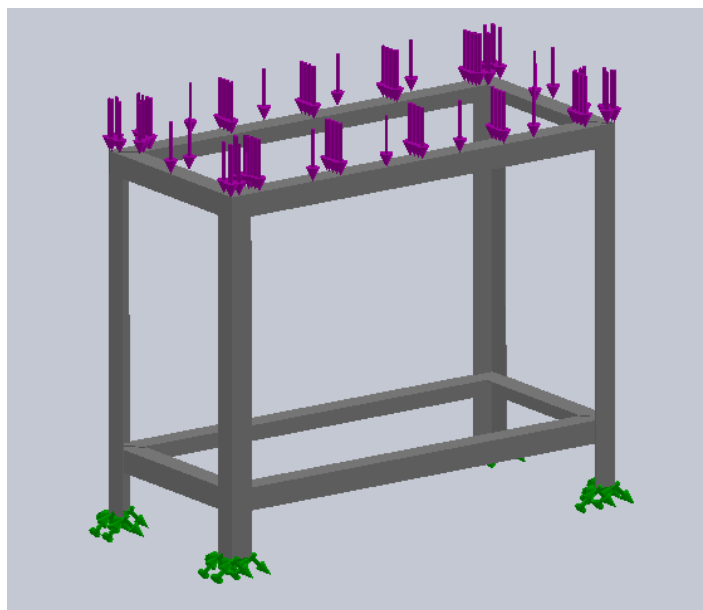


Figura 39 Diagrama de cargas aplicadas sobre el bastidor. Elaborado por Cristina Iñacasha & Gabriel Rojas.



La estructura es un elemento fundamental en el diseño, ya que esta debe soportar todos los elementos que componen la máquina mezcladora de barro, además de ello debe tener una buena estabilidad para soportar las vibraciones producidas por el movimiento de las paletas en contacto con la arcilla.

Para el diseño se considera el peso que ejercen todos los componentes que van sobre la estructura, además del peso de los ingredientes para realizar la mezcla.

$$m_{total} = m_{mezcla} + m_{componentes}$$

$$m_{total} = 108 \text{ Kg} + 80 \text{ Kg} = 188 \text{ Kg}$$

Con el valor de la masa total aplicada sobre la estructura, se determina el valor de la fuerza que produce dicha cantidad, además se considera la fuerza que ejerce la catalina conductora.

$$F_{total} = F_c + F_{componentes}$$

$$F_{total} = 1240 \text{ N} + 1842,4 \text{ NP} = 3083 \text{ N}$$

La carga se encuentra distribuida a lo largo de los perfiles estructurales, por lo que, aplicando la fórmula de carga distribuida, se tiene el siguiente resultado.

$$q = \frac{F_{total}}{L_{perfil}} = \frac{3083 \text{ N}}{1000 \text{ mm}}$$

$$q = 3,083 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Con la carga determinada, se realiza un análisis estático en uno de los perfiles, para calcular el momento máximo aplicado en la viga, en la Figura 40, se muestra el resultado.

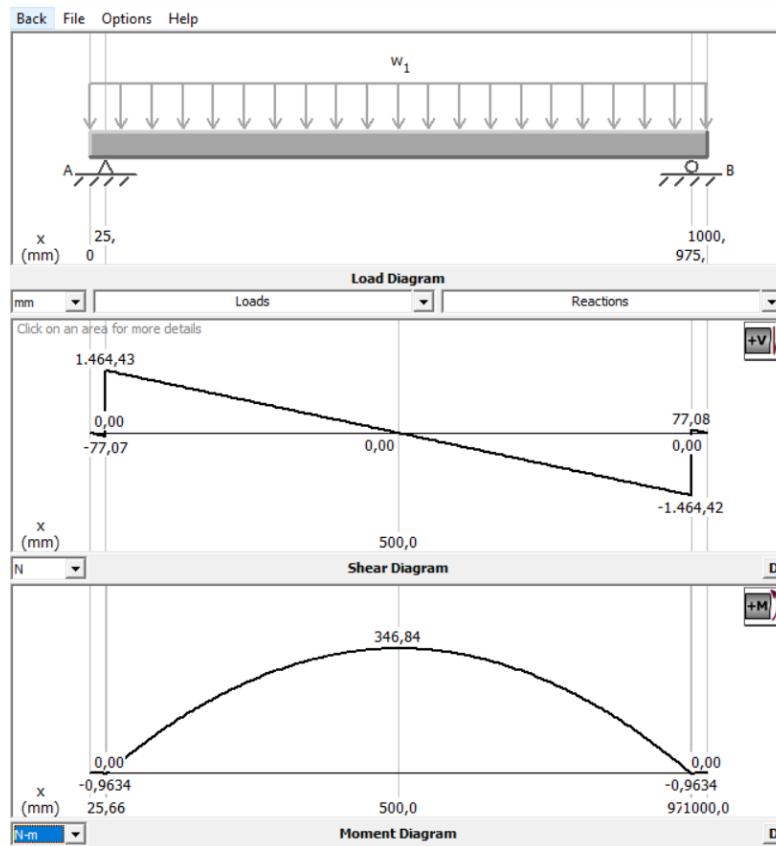


Figura 40. Diagrama estático del perfil angular de la estructura.

$$M_{max} = 346,84 \text{ Nm}$$

El esfuerzo permisible por las cargas a flexión se determina con la siguiente ecuación, es necesario relacionar el esfuerzo de fluencia del material en este caso el acero estructural ASTM A36 y el factor de seguridad con el que se trabaja el diseño.

$$\sigma_{per} = \frac{S_y}{n} \quad (33)$$

$$\sigma_{per} = \frac{248 \text{ MPa}}{2} = 124 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible que se tiene para el diseño se determina con la ecuación siguiente:

$$\sigma_{per} = \frac{M_{max}}{S_x} \quad (34)$$

$$S_x = \frac{346,84 \text{ Nm}}{124 \text{ MPa}} = 2,79 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S_x = 2,79 \text{ cm}^3$$

Una vez que se haya determinada el módulo de la sección, se compara con los valores mostradas en la tabla de anexos, y se selecciona un perfil que sea mayor o igual al módulo de la sección calculado, en este caso el perfil más común en el mercado y que

cumple con estas características es el perfil angular de dimensiones comerciales  $2 \times 2 \times \frac{3}{16}$  Plg.

## Capítulo 4

### 4.1 Pruebas de funcionamiento

Esta sección presenta los resultados obtenidos al realizar pruebas de funcionamiento con la maquina mezcladora de barro construida en un 75%. Detalles como: pintura, acabados, cubiertas guarda motor, entre otros; fueron dejados de lado en este punto con el fin de analizar si el diseño planteado cumple con el fin para el que se ha construido la máquina. Esta debe entregar una mezcla homogénea de barro y agua, útil y en un tiempo moderado.

Se adquiere una caja de cambios de un vehículo liviano, una moto de 1700 CC, en buen estado. Con la cual se logra reducir las revoluciones del motor en un 90% y así se obtiene una mezcla aceptable para la elaboración de artesanías.

En la Tabla 7 a continuación se muestra en breve el detalle de las pruebas realizadas:

Tabla 7. Pruebas de funcionamiento realizadas en la maquinas mezcladora de barro.

Prueba no.	Pre- mezcla [Kg]	Tipo de transmisión	Revolución [RPM]	Resultado		Tiempo [min]
				Traslado exitoso	Mezcla homogenea	
1	200	Caja reductora 1:4 y catarina z=34	180	OK	NO	5
2	200	Caja reductora 1:4 y catarina z=56	120	OK	NO	7
3	200	Caja de cambios, marcha 5ta	60	OK	SI	30
4	200	Caja de cambios, marcha 2da	40	OK	SI	40
5	200	Caja de cambios, marcha 1ra	20	OK	SI	55

Si bien las 3 últimas pruebas realizadas cumplen el objetivo de entregar una mezcla homogénea, poseen una diferencia además de las revoluciones del eje con paletas. El “tiempo de seteo” para empezar a entregar mezcla homogénea es menor cuando el equipo gira muy bajas revoluciones, es decir se obtiene un mejor amasado. Debe entenderse como “tiempo de seteo” al tiempo que toma homogenizar la 1ra carga de material introducido en el equipo. Este proceso requiere del conocimiento empírico del artesano quien considera si el material ya posee la consistencia adecuada o requiere ser introducido nuevamente al equipo. Debido a este particular se recomienda el uso del equipo a 20 rpm. Y así minimizar el “tiempo de seteo” al inicio de operación de la máquina.

Existen ciertas consideraciones importantes para la operación adecuada de la maquina mezcladora. Para obtener un barro mezclado de manera homogénea es necesario hacer una premezcla. Esta posee la cantidad de agua necesaria por cada kg de barro (Tabla 8). Acopiando previamente el barro se va colocando el agua poco a poco con la ayuda de una pala, hasta lograr una mezcla grumosa. Finalmente, la alimentación de la premezcla debe ser de manera continua y en recipientes de 10 kg, promedio.

Tabla 8. Relación de agua y arcilla para lograr una mezcla exitosa.

Pre-mezcla [Kg]	Agua [gal]
100	5.0
200	9.50



Figura 41. Preparación de la premezcla durante las pruebas en el barrio El Tejar, La Victoria. Elaborado por Lisbeth Iñacasha y Gabriel Rojas.

Se presentara los recursos económicos necesarios para la construcción de la mezcladora. En esencia se detallan costos directos, indirectos y sus componentes.

#### 4.2 Costos directos

Recopila información a detalle que sirve para determinar el costo incurrido por la realización de determinado producto, este sistema incluye los costos directos de producción, así como los externos para cada una de las actividades en las que se desarrolla el proceso productivo.

- Materia Prima
- Insumos
- Mano de obra directa

- Supervisión
- Servicios a terceros

### Costos de materia prima

La materia prima refiere a los materiales empleados para la elaboración de la maquina mezcladora. Se detallan en la tabla 9:

Tabla 9. Materiales primarios empleados, elaborado por Gabriel Rojas L. y Lisbeth Iñacasha.

Cantidad	Material	Dimensiones	C. Unitario	C. Total
[u]		[-]	USD	USD
14.5	Eje SAE 1035 [kg]	$\phi$ 1 1/2"x1m	2.80	40.59
1	Platina acero de 1 1/2x1/4 (40x60)"	3m	14.80	14.80
3	Angulo 90° A36	40x04mmx06m	28.00	84.00
82 kg	Tuberia de acero	34MM-D X 1M	0.99	81.00
Total:				\$233.59

### Insumos empleados

Entendamos como insumos a los elementos utilizados en la construcción de la máquina, pero no requieren ser mecanizados para su implementación, y están disponibles en el mercado local. En la Tabla 10. Insumos utilizados en la construcción de la maquina mezcladora, elaborado por Gabriel Rojas y Lisbeth Inacasha se detallan los insumos empleados:

Tabla 10. Insumos utilizados en la construcción de la maquina mezcladora, elaborado por Gabriel Rojas y Lisbeth Inacasha

Cantidad	Elemento	C. Unitario	C. Total
[u]		USD	USD
10	Tornillo 1/2"	1.15	11.50
10	Arandela plana	0.15	1.50
10	Arandela presión	0.15	1.50
3	Bisagra Torneada 3/4"	2.15	6.45
2	Chumacera FBJ 1 1/2"	13.75	27.50
4	Disco de corte 9"x1/16	2.20	8.78
2	Disco Desbaste 9x1/4"	3.86	7.73
7	Electrodos Fcaw	2.39	16.70

Total: \$ 81.66

### Costo de mano de obra

Para establecer el costo de maquinado se detalla en la siguiente tabla los rubros correspondientes a costo de máquina, costo h/hombre y el tiempo estimado para cada operación.

Tabla 11. Costo total de la mano de obra, elaborado por Ing. Paul Jami y Gabriel Rojas

Tiempo total	Operación	Costo maquina/h	Costo h/hombre	Costo Total
[horas]		USD	USD	USD
16	Banco de trabajo	5.00	2.50	120.00
2	Esmerilado	5.00	2.00	14.00
12	Soldadura	9.00	8.00	204.00
1	Taladrado	5.00	2.50	7.50
1	Torneado	8.00	7.00	15.00
0.5	Fresado	10.00	8.50	9.25
0.5	Rectificado	5.00	2.50	3.75
Total:				373.5

### Costo directo total

Componente	Costo USD
Materiales	233.59
Insumos	81.66
Mano de Obra	373.50
Total	688.75

### Costos indirectos

Los costos indirectos de fabricación son aquellos tipos de costos que no se pueden atribuir directamente dentro del proceso de fabricación, es decir no podemos atribuir concretamente un precio único por producto fabricado.

### Costo de materiales indirectos y servicios básicos

A continuación, se detallan los costos indirectos invertidos en materiales:

Tabla 12. Tabla de costos de materiales invertidos en la construcción de la maquina mezcladora de barro.

Cant.	Material	C. Unitario	C. Total
-------	----------	-------------	----------

		USD	USD
5	Lija para hierro	0.65	3.25
1	Gal. Pintura	23.00	23.00
3	Whypall	1.00	3.00
1	Serv. Básicos	60.00	60.00
	Total		\$89.25

### Costo de diseño

Este rubro considera el tiempo y esfuerzo dedicado para el diseño de la maquina mezcladora de barro. Una vez en construcción se puede evaluar el costo del diseño, donde se asigna un valor porcentual el cual viene dado por el grado de dificultad tanto del diseño, como de la construcción de la máquina. Para este diseño el porcentaje será del 20% del costo de la construcción, que corresponde a un valor de 155.60 USD.

Se en un futuro se considera una producción en serie el precio disminuirá considerablemente ya que los costes de diseño son muy elevados para realizar la primera máquina.

### Gastos indirectos

Se relaciona con los gastos generados en la movilización de las personas involucradas en el proyecto y del transporte de materiales, el costo estimado para el presente proyecto es el 10 del costo de la construcción, lo cual corresponde 77.80 USD.

### Costo total indirecto

Tabla 13. Costo total de los valores indirectos de producción.

Componente	Costo USD
Materiales indirectos	89.25
Costo Diseño	155.60
Gastos indirectos	77.80
Subtotal	322.65

### Costo total de la mezcladora de barro para La Victoria

El costo total de la máquina de mezcla (tabla 9) es de alrededor de \$1000.00 lo cual supone ser un valor alto para el beneficiario, pero la ventaja de tecnificar este proceso es que genera 20 pellas de material mezclado en 3 horas de trabajo. El valor de venta por unidad de pella es de 5.00 USD, el cual es un valor referencial tomado del sector.



Tomando en cuenta este valor, el beneficiario podrá recuperar el valor total invertido en un periodo de 6 meses si vende en el mes 34 pellas por mes.

Tabla 14. Costo total de la maquina mezcladora de barro.

<b>Descripción</b>	<b>Costo USD</b>
Costo directo	688.75
Costo indirecto	322.65
Total	1011.40

## Conclusiones

Luego de observar el proceso actual de fabricación de artesanías, en el barrio El Tejar, La Victoria el estudio se enfocó en el subproceso de mezclado y homogenizado de la materia prima. De acuerdo con los resultados que se muestra en la Tabla 7, para empezar a entregar mezcla homogénea la máquina debe trabajar a bajas revoluciones. La implementación de esta máquina tendrá un impacto importante en el desarrollo del artesano, con este proceso tecnificado su producción podrá mejorar considerablemente. Esto es considerado así debido al tiempo total de mezclado con que la máquina produce barro útil para la elaboración de las artesanías, comparándolo con el tiempo y esfuerzo que realiza el artesano de manera manual.

La alternativa seleccionada cumple con las expectativas y necesidades del artesano beneficiario, entregando una mezcla adecuada para la producción de las artesanías. Se construyó una maquina con un sistema de paletas que giran dentro de una sección cilíndrica, la cual produce movimientos de traslación y rotación. Utilizando un sistema de transmisión por cadena-catarina movido por un motor de 3hp. La carcasa se ajusta sobre una bancada metálica que soporta la carga necesaria.

El material más adecuado para la fabricación de las paletas es el acero aleado al cromo-vanadio de 6 mm de espesor debido a sus características mecánicas. Se utilizo ballestas del sistema de amortiguación de un vehículo mediano, material que posee las mismas características, pero son de un costo más accesible por ser reciclados.

Con la información recopilada en las diferentes visitas a El Tejar, se ha logrado establecer un diseño adecuado en cuanto a la disposición de las paletas del eje. En su diseño no se consideró un análisis dinámico, debido a la cantidad de revoluciones a la que gira el eje para realizar el mezclado. El tiempo de vida del equipo está determinado por las paletas, las cuales están sometidas a la abrasión del material.

El proceso adecuado de operación requiere del conocimiento del artesano, quien considera si el material ya posee la consistencia adecuada y manejar la cantidad de agua necesaria. En base a las pruebas de funcionamiento realizadas se recomienda el uso del equipo a 20 rpm.

### **Recomendaciones**

El premezclado se continuará haciendo de manera tradicional (mezclando en el suelo agua y arcilla) ante eso se recomienda hacer un estudio para tecnificar el proceso de premezclado.

Para futuros proyectos se recomienda continuar utilizando material de reciclaje, lo cual permite bajar los costos de fabricación. En este proyecto se ha comprobado que esos materiales también cumplen con las características técnicas requeridas y son más económicos.

La operación de la máquina es sencilla y no requiere de mayor conocimiento técnico, lo cual hace que pueda ser operada casi de manera inmediata y por cualquier adulto.

Dadas las condiciones de inseguridad en las que se ha visto que trabaja el artesano, se recomienda implementar a futuro un sistema de automatización orientado a la seguridad industrial utilizando elementos como sensores, paros de emergencia, luz piloto, sistemas PLC, entre otros.

Considerando el peso total de la máquina, aproximadamente 250 kg, el sitio donde se sitúe finalmente debe contar con un suelo estable y nivelado, además de espacio adecuado para maniobrar el equipo con el fin de recolectar el material amasado. Así también la instalación eléctrica debe garantizar un suministro de energía adecuado.

La máquina debe ser intervenida por mantenimiento con una frecuencia establecida en el manual de mantenimiento preventivo. Donde se podrá ver rutinas semanales, mensuales y trimestrales según corresponda.

## Bibliografía

- [1] P. I. Cornejo Aguiar, «Depósitos minerales no metálicos del Ecuador,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2016.
- [2] P. Cuvi, Artesanías del Ecuador, Quito, Ecuador: Dinediciones, 1994.
- [3] El Universo, «Feria de Artesanías en Pujilí y la Victoria,» *El Universo*, 31 Octubre 2015.
- [4] Colección Cotopaxi Magazine, «Alfarería de la Victoria,» *Pujilí Historia y Tradición*, vol. 1, nº 6, pp. 30-33, 2013.
- [5] V. Dillon, M. Tarela y F. Melo, Puertas de barro y Fuego, La plata, 2008.
- [6] P. W. Lee, Ceramicas, Literary Licensing, LLC, 2013.
- [7] I. Stober y K. Bucher, Hidrogeología de Rocas Cristalinas, Dordrecht, Irlanda: Springer, 2013.
- [8] P. Boch y J.-C. Niepce, MAteriales Ceramicos: Procesos, propiedades y aplicaciones, vol. 1ra, Newport Beach, Estados Unidos: ISTE Ltd., 2010.
- [9] A. Fajardo Ruilova, Diseño de una planta de elaboracion de pastas de moldeo y juguetes lúdicos con material arcilloso de Cotopaxi y Pastaza, Quito: EPN, 2017.
- [10] M. R. Toapanta Vargas, «IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AMASADORA DE ARCILLA PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES Y ARTESANOS LA VICTORIA DEL CANTÓN PUJILÍ,» Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga, 2018.
- [11] A. I. Borbor Hidago y A. G. Crespo Ordoñez, «Diseño de una linea de produccion de fertilizantes pulverizados usando Molinos de pines,» Universidad Politecnica del Litor, Guayaquil, 2012.
- [12] A. Avgustinik, Cerámicas, Barcelona: Reverté, 1983.
- [13] F. M. Chico Proaño, «Premezclado de solidos inertes para la produccion de dinamita, mediante el diseño y contruccion de un mezclador conico vertical pioto,» Universidad Politecnica Salesiana, Quito, 2011.
- [14] J. E. Rincon Guerrero, «Diseño de una maquina mezcladora, automatica, de materias primas para la elaboraion de jabones liquidos, suavizantes y

- desengasantes industriales, para la empresa quimicos Zorel,» Fundacion Universidad de America, Bogota, 2017.
- [15] R. L. Mott, «Diseño de Maquinas,» de *Diseño de Elementos de Maquinas*, Mexico, Editorial Pearson, 2006, p. 944.
- [16] S. Millan Gomez, *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo, 2006.
- [17] P. Gutierrez Morales y J. Bornacelli Castillo, *Metodología para el diseño de Tornillos de máquinas extrusoras monohusillo*, Valle del Cauca, Colombia: Universidad Autonoma de Occidente, 2008.
- [18] R. Budynas y N. Keith, *Diseño en Ingeniería de Mecánica de Shigley*, Mexico D.F., 2008.
- [19] Colección Cotopaxi Magazine, «Ubicación Geográfica,» *Pujilí Historia y Tradición*, vol. 1, nº 6, pp. 4-6, 2013.
- [20] R. N. J. Budynas, *Diseno en Ingeniería Mecánica*, Boston: Mc Graw Hill, 2008.
- [21] R. Budynas y K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Mexico D.F.: McGraw-Hill, 2008.
- [22] E. Gamboa y R. Álvarez, «ACERO INOXIDABLE 316 y 316 L PROPIEDADES Y CARACTERISTCAS,» 20121.
- [23] R. Mott, *Diseño de elemntos de máquinas*, Mexico D.F: Pearson Educación, 2006.
- [24] R. Mott, de *Diseño de elemntosde máquinas*, Mexico D.F., Pearson, 2006.
- [25] Fag, «Rodamientos Fag,» Barcelona, 2000, pp. 34,35.

## Anexos

### Anexo 1: Catálogo de platinas de acero ASTM A36

**Platina de Acero  
ASTM A36**



Espesor		Ancho		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
3.0	1/8"	12	1/2"	1.92
		16	5/8"	2.34
		19	3/4"	2.88
		25	1"	3.84
		31	1 1/4"	4.80
		38	1 1/2"	5.70
		50	2"	7.62
		4.5	3/16"	12
16	5/8"			3.66
19	3/4"			4.44
25	1"			5.88
31	1 1/4"			7.08
38	1 1/2"			8.52
50	2"			11.40
56	2 1/4"			12.84
6.0	1/4"	63	2 1/2"	14.22
		75	3"	17.10
		12	1/2"	3.84
		16	5/8"	4.80
		19	3/4"	5.70
		25	1"	7.68
		31	1 1/4"	9.48
		38	1 1/2"	11.40
9.5	3/8"	50	2"	15.18
		63	2 1/2"	18.96
		75	3"	22.80
		100	4"	30.36
		25	1"	11.52
		31	1 1/4"	14.28
		38	1 1/2"	17.10
		50	2"	22.80
12	1/2"	63	2 1/2"	28.44
		75	3"	34.20
		100	4"	45.60
		25	1"	15.24
		38	1 1/2"	22.74
		50	2"	30.36
		63	2 1/2"	37.98
		75	3"	45.60
16	5/8"	100	4"	60.78
		63	2 1/2"	47.46
		75	3"	57.00
		100	4"	75.96
19	3/4"	100	4"	91.14
		75	3"	91.14
25	1"	75	3"	91.14
		100	4"	121.56

**PLATINA ACERO A36**

Platinas de acero laminado al caliente (LAC), son ampliamente utilizados para toda la fabricación en general y reparaciones en el mantenimiento industrial, implementos agrícolas, equipos de transporte, etc.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.

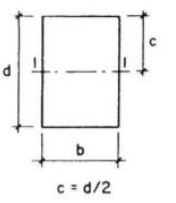
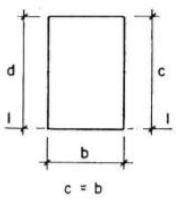
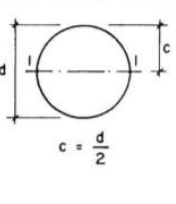
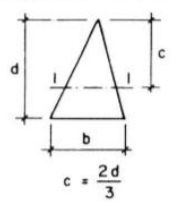
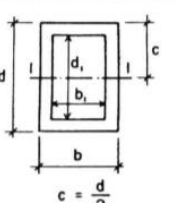
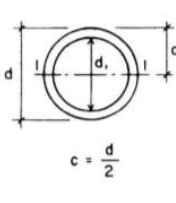
Longitud 6 metros.

Propiedades Mecánicas		
Limite de Fluencia (kg/cm2) mín.	2530	
Resistencia a la Tracción (kg/cm2)	4080-5620	
Alargamiento en 200 mm 1/8" y 3/16"	15.0% mínimo	
Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo	
Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8", 5/8", 3/4" y 1"	20% mínimo	
Doblado a 180°	Bueno	
Soldabilidad	Buena	

\* Equivalencias de conversión son aproximadas.

\* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

## Anexo 2: Propiedades de las secciones

 $A = b d$ $I_x = \frac{b d^3}{12}$ $S_x = \frac{b d^2}{6}$ $r_x = \frac{d}{\sqrt{12}}$ <p><math>c = d/2</math></p>	 $A = b d$ $I_x = \frac{b d^3}{3}$ $S_x = \frac{b d^2}{3}$ $r_x = \frac{d}{\sqrt{3}}$ <p><math>c = b</math></p>
 $A = \frac{\pi d^2}{4}$ $I_x = \frac{\pi d^4}{64}$ $S_x = \frac{\pi d^3}{32}$ $r_x = \frac{d}{4}$ <p><math>c = \frac{d}{2}</math></p>	 $A = \frac{b d}{2}$ $I_x = \frac{b d^3}{36}$ $S_x = \frac{b d^2}{24}$ $r_x = \frac{d}{\sqrt{18}}$ <p><math>c = \frac{2d}{3}</math></p>
 $A = b d - b_i d_i$ $I_x = \frac{b d^3 - b_i d_i^3}{12}$ $S_x = \frac{b d^2 - b_i d_i^2}{6 d}$ $r_x = \sqrt{\frac{b d^3 - b_i d_i^3}{12 A}}$ <p><math>c = \frac{d}{2}</math></p>	 $A = \frac{\pi (d^2 - d_i^2)}{4}$ $I_x = \frac{\pi (d^4 - d_i^4)}{64}$ $S_x = \frac{\pi (d^3 - d_i^3)}{32 d}$ $r_x = \sqrt{\frac{d^2 - d_i^2}{4}}$ <p><math>c = \frac{d}{2}</math></p>

$A = \text{área}$      $I = \text{momento de inercia}$      $S = \text{módulo de la sección} = \frac{I}{c}$      $r = \text{radio de giro} = \sqrt{\frac{I}{A}}$

## Anexo 3: Parámetros para selección del factor de servicio del motor

Factor de servicio	Motores eléctricos:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De corriente alterna monofásicos</li> <li>Asíncronas</li> <li>Jaula de ardilla de par normal</li> <li>De corriente continua bobinado shunt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De corriente alterna con par de gran potencia</li> <li>De rotor bobinado y anillos rozantes</li> <li>De corriente continua bobinado compound</li> </ul>
	Motores a gas	Motores monocilíndricos
	Motores de combustión interna policilíndricos	Ejes de transmisión
		Tomas de fuerza con embrague
Agitadores de líquidos		
Ventiladores pequeños y medianos	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
Bombas centrífugas.		
Punzonadoras		
Mezcladoras pequeñas y medianas		
Generadores		
Compresores de tornillo	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
Cizallas		
Prensas		
Máquinas de imprenta		
Cribas vibratorias		

## Anexo 4: Tabla de selección del motor

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
1	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
1.5	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
2	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
3	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
	1200	208-230/460	213T	A7B10000012689	A7B10000048049
	900	208-230/460	215T	A7B10000048090	A7B10000048050
5	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
7.5	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
10	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
15	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
20	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032

## Anexo 5: Tabla de selección de la caja reductora

Modelo	Velocidad de entrada rpm	Potencia equivalente trasmissible con relación de reducción nominal (CV)												Límite térmico (CV)
		1.6	2	2.5	2.8	3.2	3.6	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1	
TA1E 100C	1450	66	55	45	39	34	29.5	26	22	19	16	13.5	11.5	36
	960	47	38.5	31	27.5	23.5	20.5	18	15.5	13	11	9.5	9	42
	580	30	25	20	17.5	15	12.5	11.5	9.5	8.5	7	6	5	46
TA1E 100N	1450	104	87	70	62	54	46	41	35	30	25.5	21.5	16	36
	960	73	61	49	43	37.5	32	28	24	21	17.5	15	12.5	42
	580	47	39	31.5	27.5	24	20.5	18	15	13.5	11	9.5	8	46
TA1E 125C	1450	130	108	88	78	67	58	51	43.5	38	32	27.5	22	52
	960	92	76	61	54	47	40	35.5	30.5	26.5	22.5	19	15	61
	580	59	49	39	35	30	26	22.5	19.5	16.5	14	12	9.5	66
TA1E 125N	1450	205	171	138	123	105	92	81	69	60	51	43	35	52
	960	145	120	97	86	74	64	56	48	42	35	30	24	61
	580	93	72	62	55	47	41	35.5	30.5	26.5	22	19	15	66
TA1E 160C	1450	223	186	151	134	116	100	88	75	65	56	47	39.5	73
	960	158	131	107	94	81	70	62	53	45	39	33	27.5	86
	580	102	85	69	61	52	45	39.5	34	30	24.5	21	17.5	94
TA1E 160N	1450	351	293	239	211	183	159	140	119	102	88	75	62	73
	960	249	207	168	148	126	111	98	83	71	61	52	43	86
	580	162	134	108	95	82	71	62	53	45	39	33	27.5	94
TA1E 200C	1450	414	347	282	251	217	188	166	142	123	105	89	75	100
	960	295	247	200	178	153	133	116	100	86	74	62	52	119
	580	193	161	130	115	99	85	73	64	55	47	39.5	33	130
TA1E 200N	1450	653	548	445	397	343	298	261	224	195	166	141	116	100
	960	466	390	315	281	242	210	184	157	145	116	98	82	119
	580	304	253	204	181	156	135	118	101	87	74	62	52	130
TA1E 250C	1450	801	667	567	488	421	367	323	277	241	200	175	146	151
	960	574	477	389	346	298	260	228	196	170	144	122	102	163
	580	377	312	254	225	193	168	147	126	109	93	78	65	201
TA1E 250N	1450	1265	1054	863	770	664	580	510	438	381	325	276	231	151
	960	907	752	615	547	470	410	360	309	268	228	193	161	163
	580	598	492	400	358	305	266	232	199	172	146	123	103	201
TA1E 300C	1450	1245	1053	851	764	661	577	508	437	381	326	274	231	187
	960	896	756	608	545	471	410	360	308	269	229	193	162	231
	580	592	497	398	356	307	266	234	200	174	148	124	104	255
TA1E 300N	1450	1966	1663	1344	1207	1044	911	803	689	601	514	433	364	187
	960	1415	1193	961	861	743	647	569	488	425	362	304	256	231
	580	935	785	629	563	484	420	369	316	274	233	196	164	255



## Anexo 6: Selección del juego de catalinas

Teeth/ Dientes	Outer Dia de/ Diáme- tro exterior de	Pitch Dia dp/ Diáme- tro de paso dp	Ref	Simplex/ Simple			Type/ Tipo	
				Hub Dia dm/ Diámetro de cubo dm	Length thro'Bore A/ Longitud a través del agujero A	Taper Bush/ Casquillos cónicos		
14	61.8	57.07	41-14	45	22	1008	1	
15	65.5	61.90	41-15	45	22	1008	1	
16	69.5	65.10	41-16	50	22	1108	1	
17	73.6	69.11	41-17	60	25	1210	1	
18	77.8	73.14	41-18	60*	25	1210	1	
19	81.7	77.16	41-19	63	25	1210	1	
20	85.8	81.19	41-20	71*	25	1610	1	
21	89.7	85.22	41-21	71	25	1610	1	
22	93.8	89.24	41-22	71	25	1610	1	
23	98.2	93.27	41-23	76	25	1610	1	
24	101.8	97.29	41-24	76	25	1610	1	
25	105.8	101.33	41-25	76	25	1610	1	
26	110.0	105.36	41-26	76	25	1610	1	
27	114.0	109.40	41-27	76	25	1610	1	
28	118.0	113.42	41-28	90	32	2012	1	
30	126.1	121.50	41-30	90	32	2012	1	
31	130.2	125.54	41-31	90	32	2012	1	
38	158.6	153.80	41-38	90	32	2012	1	
45	188.0	182.07	41-45	100	32	2012	1	
57	236.4	230.54	41-57	100	32	2012	1	
76	313.3	307.33	41-76	100	32	2012	1	
38	158.6	153.80	41-38	95	32	2012	2	
45	188.0	182.07	41-45	95	32	2012	2	
57	236.4	230.54	41-57	100	32	2012	2	
76	313.3	307.33	41-76	100	32	2012	2	
95	390.1	384.11	41-95	100	32	2012	2	
114	400.9	460.90	41-114	110	45	2517	2	

## Anexo 7: Catálogo de ejes acero AISI 1018.


**DIPAC**  
 PRODUCTOS DE ACERO

# EJES ACERO DE TRANSMISIÓN



### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	AISI 1018
<b>Descripción</b>	Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.
<b>Aplicaciones</b>	Levas, uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3
<b>Longitud</b>	6 m

**EJES**

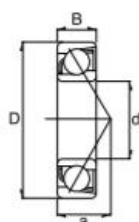
Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 0,05

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> )	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación %Min.	Dureza ROKWELL B
410 - 520	235	20	143

Dimensiones	
Diámetro	
3/8"	
1/4"	
5/8"	
3/4"	
7/8"	
1"	
1 1/4"	
1 1/2"	
1 3/4"	
2"	
2 1/4"	
2 1/2"	
2 3/4"	
3"	
4"	
5"	
6"	



## Anexo 8: Catálogo de rodamientos



Dimension (mm)			Designation/Type	* Load Rating		Weight (g) approx.
d	D	B		C, dyn. N	C, stat. N	
20.0	72.0	19.0	6404	18420	9000	400 g
25.0	47.0	12.0	6005	6060	3510	79 g
25.0	52.0	15.0	6205	840	4710	129 g
25.0	62.0	17.0	6305	12360	6720	235 g
25.0	80.0	21.0	6405	21000	11460	530 g
30.0	55.0	13.0	6006	7920	4980	116 g
30.0	62.0	16.0	6206	11700	6780	199 g
30.0	72.0	19.0	6306	16020	9000	345 g
30.0	90.0	23.0	6406	26100	14280	740 g
35.0	62.0	14.0	6007	9600	6180	151 g
35.0	72.0	17.0	6207	15420	9180	284 g
35.0	80.0	21.0	6307	20100	11520	464 g
35.0	100.0	25.0	6407	33120	18900	950 g
40.0	68.0	15.0	6008	10080	6900	190 g
40.0	80.0	18.0	6208	17460	10740	366 g
40.0	90.0	23.0	6308	24300	14400	636 g
40.0	110.0	27.0	6408	37800	21600	1250 g

## Anexo 9: Propiedades mínimas del material de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

## Anexo 10. Ensayo de granulometría y plasticidad



### Anexo 11. Ensayo con hidrómetro



### Anexo 12. Preparación premezcla

